LA MÂTURE

DISCUTÉE ET SOUMISE

A DE

NOUVELLES LOIX.

627-7-54 SDN

2

LA MÂTURE DISCUTÉE ET SOUMISE A DE NOUVELLES LOIX.

Par M. SAVERIEN, *Ingénieur de la Marine.*

A PARIS;

Chez CHAUBERT, Quay des Auguſtins, à la Renommée & à la Prudence.

M. DCC. XLVII.

Avec Approbation & Privilége du Roi.

DISCOURS PRELIMINAIRE.

QUOIQUE l'Art de Naviguer ait été l'objet des réflexions des Mathématiciens les plus habiles, il n'y a cependant encore que le Pilotage, qu'on ait ſoumis à des Loix ; il reſte même à trouver la ſolution du Problême principal, qui en eſt comme le fondement & la baſe.

La découverte des Longitudes, à laquelle toutes les Nations s'intéreſſent depuis ſi long-tems, auroit été la plus eſſentielle & la plus utile : mais on a été arrêté dans cette récherche par des obſtacles, qui paroiſſent preſque inſurmontables. Les Marins, pour ſup-

pléer à cette connoiſſance, ont recours à un moïen : c'eſt de meſurer le chemin du Vaiſſeau. On ſait, que pour avoir le point du Ciel ſous lequel un Navire ſe trouve, il faut connoître la Longitude & la Latitude du lieu où l'on eſt, ou la différence de l'une & de l'autre, de celui d'où l'on eſt parti. Par l'obſervation des Aſtres, on a cette derniere avec aſſez de juſteſſe. Pour avoir égard à la premiere, on meſure la rapidité du ſillage du Vaiſſeau, ce qui donne la différence des Méridiens.

Au défaut des opérations aſtronomiques, ce moïen eſt ſans doute le meilleur. Cependant le Problême, dont on veut éviter les embarras, triomphe toujours du côté des difficultés, qui humilient autant le Marin, qu'elles lui ſont préjudiciables. *Le Tangage naturel* du Navire (j'appelle ainſi celui, qui provient de l'effort du vent ſur les Voiles) auquel

les Mathématiciens-Pilotes, n'ont-pas encore fait attention ; celui, que cauſent les vagues d'une Mer orageuſe, & ſurtout les Courans & les Marées rendent cette voie ſi défectueuſe, qu'elle forme un nouveau Problême à réſoudre, qu'on peut regarder comme auſſi difficile que celui auquel on le ſubſtituë.

Tel eſt l'Art actuel du Pilotage : Art, comme on voit, encore bien imparfait quoiqu'infiniment au-deſſus des autres Arts, qui concernent la Marine. On connoît ce qu'il faut faire, pour preſcrire exactement la route d'un Vaiſſeau. Le tout ne ſe réduit plus qu'à un Problême compliqué ſi l'on veut, mais *donné*, qu'il s'agit de réſoudre. C'eſt une grande avance de connoître le point principal d'une queſtion. L'Art de *Conſtruire*, celui de *Mâter*, de *Manœuvrer*, n'ont pas le même avantage & j'oſe dire, qu'il eſt des cas où l'on a ignoré entierement le fond des

ſte entre la ſituation des Voiles & du Gouvernail, & qu'on peut regarder cependant comme la ſeconde partie de la Manœuvre générale. On n'a eû égard dans l'autre qu'au ſillage du Navire, c'eſt-à-dire à la ſituation des Voiles, pour faire mouvoir le Navire. Dans celle-ci, on ne conſidére leurs ſituations, que pour le faire *virer*. Cette ſeconde Manœuvre, que perſonne n'a encore examinée, dépend d'une harmonie entre les Voiles & le Gouvernail; en ſorte que par leur accord, un habile Pilote, fait faire au Vaiſſeau le plus lourd les mouvemens les plus prompts & les plus preſtes; ainſi qu'un habile Ecuïer dirige & fait obéïr ſous ſa main, le Courſier le plus fougueux.*

On comprend bien, que s'agiſſant ici d'un déplacement d'eau de la part de la

* Comme je me propoſe de publier dans peu cette ſeconde Manœuvre, que j'applique à l'Art de ſe battre ſur Mer, & aux Evolutions Navales, je me diſpenſe de parler ici de la Tactique des Eſcadres & des Armées Navales. C'eſt une Matiére, que j'examine à fond dans cet Ouvrage, & ſur laquelle j'eſpere de répandre un nouveau jour.

Poupe du Navire & de ſa Prouë, pour établir Géométriquement les principes de ce nouvel Art, que j'appelle le *Manege du Navire*, il faudroit connoître la figure propre du Vaiſſeau. Par malheur, dans nos Vaiſſeaux ordinaires, cette figure eſt Mécanique & elle prive par-là le Géométre de cette préciſion rigoureuſe, qu'il n'abandonne gueres dans ſes travaux ſans regret.

Cela nous fait voir, qu'il ſeroit important, qu'on connût la figure du Vaiſſeau, & qu'avant tout, on devroit commencer à en preſcrire une (j'entends la plus avantageuſe) aux Conſtructeurs. Sans entrer dans le détail des utilités que cette figure procureroit à la Navigation, il paroîtra ſurprenant, que l'Architecture Navale ſoit abandonnée à une pratique ſourde, à une routine aveugle, tandis que l'Architecture Civile & Militaire ſont ſoumiſes à des Loix. On a grand ſoin de n'élever ſur Terre un Edifice que par des régles ſûres; & on livre ſur

Mer un Bâtiment fabriqué par le caprice & comme formé par hazard.

Quelque blâmables que paroiſſent les Conſtructeurs d'aujourd'hui, leurs efforts ſont néanmoins très-louables. On doit leur ſavoir gré de perfectionner par la pratique, ce qu'ils ne peuvent faire par principes. Il n'y a que les Géomêtres, qui ſoient en état de rectifier leurs régles ou de leur en fournir de nouvelles ; & ces conſidérations devroient engager les plus habiles à conſacrer leurs travaux & leurs veilles à perfectionner, diſons mieux, à former une Architecture de Vaiſſeaux.

Peu de Savans ignorent la conduite des Mathématiciens, pour déterminer la figure la plus avantageuſe du Navire. Ce qui s'eſt dabord préſenté à l'eſprit, a été de tâcher à découvrir quel eſt le *Solide de moindre* réſiſtance. Pluſieurs grands Géomêtres ont réſolu ce Problême ; & cette

ſolution n'a eu juſqu'aujourd'hui (par rapport au fond de la queſtion ſeulement) qu'une ſorte d'échec.

Un de ces Génies rares & tranſcendans, qui ne prennent leur eſſor dans les ſciences, que pour ſe faire jour au travers des vérités les plus abſtraites, & pour y applanir les difficultés les plus profondes, a obſervé, * qu'il ne ſuffit pas, comme on l'a fait depuis le Chevalier *Neuton* incluſivement, de trouver celui d'entre les ſolides, qui aïant la même baſe & le même axe que tout autre, ſouffre de la part de l'eau le moins de réſiſtance, qu'il eſt poſſible. Il faut encore, que la ſomme des impulſions du fluide ſoit diviſée par la maſſe du ſolide & prendre le *minimum* du Quotient.

Rien n'eſt aſſurément ni plus juſte ni plus vrai. Cette ſeule objection eſt bien capable de rendre inſuffiſantes toutes les ſolutions qu'on a données

* Dans ſon Traité des Fluides p. 375.

de ce Problême. J'en ajoute cependant deux autres, qui ne me paroiſſent pas d'une moindre conſidération & qui ont un rapport plus intime à la Marine ; unique objet auquel nous devons fixer ici toute notre attention.

1°. Il n'eſt pas démontré, que le Solide de moindre réſiſtance pour les routes directes le ſoit auſſi pour les routes obliques. 2°. Le Solide, par rapport au mouvement du Navire, ne doit point être regardé comme diviſant le fluide parallélement à ſon axe : ſa Carene, lorſqu'il fait route, eſt une ſection oblique à l'horizon.

La premiere objection n'eſt pas tout-à-fait nouvelle. On y fait cette réponſe : Quelqu'oblique que ſoit la route d'un ſolide *de moindre réſiſtance*, la Derive diminuera d'autant plus, que ſa *Proüe* diviſera l'eau plus facilement ; parce que le Solide diviſera toujours le fluide par le côté, qui oppoſera moins de réſiſtance : mais la réſiſtance de l'eau ſur ſa *Proüe* eſt un *moindre* : donc

l'angle de la Dérive ſera le plus petit qu'il eſt poſſible; & par conſéquent la réſiſtance de l'eau ſur la Proüe du Navire fait ſur ce modele étant un *minimum* dans la route directe, le ſera auſſi dans les routes obliques.

Cette réponſe paroît tout-à-coup très-ſatisfaiſante : elle n'eſt cependant rien moins que telle. Que répondra-t-on, par exemple, ſi l'on nie, que l'angle de la Dérive eſt un *moindre*, lorſque la réſiſtance de l'eau ſur la Proüe en eſt un ? C'eſt ſelon moi, (s'il m'eſt permis de le dire) tout le contraire. Car la Dérive, étant formée par l'angle de la Quille & de la *Ligne moïenne de la force mouvante*, & cette ligne étant celle, qui contre-balance ou qui met en équilibre la réſiſtance de l'eau ſur la Proüe & ſur la Poupe, il eſt évident, que moins la réſiſtance de la Proüe ſera grande, plus la *Ligne moïenne* s'approchera de la *Ligne de la force mouvante*, pour ſuſpendre les efforts de l'eau

ſur la Prouë & ſur la Poupe, & plus par conſéquent la Dérive ſera grande : donc la réſiſtance dans les routes obliques ſera alors un *maximum*, bien loin d'être un *minimum*.

Une conſidération, qui a été négligée par les Géomêtres, par rapport au Solide de moindre réſiſtance & qui renferme la ſolution de ce Problême, eſt l'impulſion de l'eau ſur la Poupe du Vaiſſeau. Il eſt hors de doute, que ce n'eſt qu'en conciliant les deux réſiſtances, que ſouffrent & la Prouë & la Poupe, qu'on peut le réſoudre ; ſans oublier cependant notre ſeconde objection, qui eſt entierement neuve, & qui doit engager les Géomêtres à démêler de nouveau ce Problême, s'ils veulent que la Marine en retire quelqu'utilité, qu'on n'a pas eu, ce ſemble, beaucoup en vuë dans cette ſolution.

On a cru juſqu'aujourd'hui que la Carene du Vaiſſeau, lorſqu'il cingle,

étoit une ſection horizontale faite au raz de la Mer *. On s'eſt trompé. Je le démontrerai dans cet Ouvrage. Un Navire ne peut ſiller horizontalement. Il faut qu'il incline, & qu'il balance. Ainſi une figure de Navire, dans laquelle on n'auroit eu égard qu'à un mouvement paralléle à l'horizon, ſera toujours une figure peu utile pour la Conſtruction. L'impulſion de l'eau ſur la Prouë dans ce ſens, eſt bien différente de celle que ſouffre cette partie du Vaiſſeau dans le ſens oblique. L'opération ne doit donc pas être la même.

Avant tout, pour calculer l'effort des obſtacles, qui s'oppoſent au mouvement d'un Corps, on doit connoître parfaitement la nature de ce mou-

* J'avois moi-même ainſi défini la Carene dans ma Théorie de la Manœuvre, parce que je n'avois pas cru alors devoir y faire attention. Cette conſidération étant hors de ſaiſon dans mon Traité, où il ne s'agit que de la rapidité du ſillage du Navire, par rapport à l'effet du vent ſur les Voiles, n'auroit ſervi qu'à épouvanter un Lecteur timide, prêt à ſe rebuter par toute définition peu connuë.

vement, qui dépend néceſſairement de la force motrice. D'où il ſuit, qu'afin de découvrir la figure la plus avantageuſe du Vaiſſeau, il faut ſavoir quel eſt l'effet du vent ſur les Voiles.

Il paroîtra ſurprenant, que depuis ſi long-tems qu'on travaille à perfectionner la Navigation, on n'ait point examiné les mouvemens verticaux du Navire, & qu'on ait voulu les ſoumettre à des Loix, ſans les connoître. Mais cet étonnement doit diminuer, ſi l'on peut voir avec tranquillité, qu'on ait ignoré l'action du Mât ſur le Navire, & le point d'appui de l'effort du vent par ce Levier.

Cette queſtion a été parmi les anciens Philoſophes un ſujet de Diſpute & de récherches. Les uns ont cru, que le point d'appui du Mât étoit à ſon pied : c'eſt le ſentiment d'*Ariſtote*. *Baldus* forme cette objection à ce

ſentiment: Si le pied du Mât eſt l'Hypomoclion de ce Levier, ou le Mât caſſera à cet endroit, ou le Navire fera *capot*. Le mouvement circulaire du Levier ſoutient cette objection.

Pour tâcher d'éviter cet inconvénient, ce Philoſophe a recours à un Levier angulaire, qui a réellement un point d'appui au pied du Mât ſur la Contrequille; mais dont la force n'augmente, que proportionnellement à l'excès de la longueur du Mât, à la demi-longueur de la Contrequille, & non en raiſon de ſa hauteur.

Ceux, qui ſont venus après *Baldus*, ont prétendu, que le Mât ne devoit point être regardé comme un Levier. Leur raiſonnement, ſi on les en croit, eſt triomphant. En tout Levier, le point d'appui doit être fixe: or dans le Mât, il n'eſt pas de point d'appui fixe, puiſque tout ſe meut: donc le Mât ne peut pas être conſidéré comme un Levier.

Le point d'appui n'étoit pas le ſeul objet qui occupât & qui embarraſſât ces Philoſophes. Ils ſe trouvoient arrêtés à un autre phénomêne dont il s'agiſſoit de rendre raiſon : c'eſt que plus l'Antenne eſt élevée, plus le ſillage du Navire eſt rapide. Comment expliquer la cauſe de ce changement dans le mouvement du Navire ?

Ceux-ci ont dit, qu'alors le bras du Levier étant plus long, il devoit en réſulter une plus grande force, & conſéquemment un plus grand effet.

Ceux-là ont répondu, que le mouvement du Mât étant circulaire, ne pouvoit rien produire au ſillage du Navire, & que ſon action n'avoit des droits que ſur ſa tourmente & ſon *Tangage*.

Pour ſoutenir cette preuve, le Pere *Fournier* a remarqué, que c'étoit une vérité d'expérience, qu'on tire plus aiſément des Barques le long

d'une Riviere, lorſque la corde, par laquelle on fait effort, eſt attachée au corps de la Barque, ou au pied du Mât, que lorſqu'elle l'eſt à un point plus élevé. Il ajoûte : Ceux qui lient leur corde au haut du Mât, ne le font que pour éviter les Arbres, qui pourroient arrêter la corde. Les Conducteurs même de ces Bâtimens, qui vont de Roüen à Paris, & qui ſont chargés environ de vingt-cinq mille livres, n'aïant en vûe dans la hauteur de leurs Mâts, que les obſtacles, qui ſe trouvent ſur les bords de la Riviere, ne leur donnent que 30. & même 25. pieds de hauteur; tant ils ſont perſuadés que la hauteur nuit au ſillage d'un Bâtiment.

Après ces obſervations, le Pere *Fournier* explique ainſi l'action du vent ſur le Mât. Le Mât, dit-il, lorſque le vent agit, ne peut incliner, étant attaché fortement au Navire,

vire, & ſon effet ne ſert qu'à le ſoulever, & à l'entraîner après lui. Parlà, le ſillage du Vaiſſeau augmente ou diminüe, ſelon que le Mât eſt bien ou mal attaché, & que le vent eſt plus ou moins rapide.

Tels étoient les raiſonnemens des anciens Philoſophes. Autrefois on croïoit aveuglément tout ce qui venoit de leur part; & le Public recevoit avec une ſorte de vénération leurs préceptes. Ce tems n'eſt plus. Ils ont bien perdu de leur crédit. Leurs erreurs ſont découvertes. Il ſuffit même à la plûpart des Lecteurs, de voir leur nom à la tête d'un Ouvrage, pour en concevoir tout d'un coup une idée peu avantageuſe.

L'Homme donne volontiers dans des excès. Il a été un tems où l'on humilioit cet Animal raiſonnable: aujourd'hui on l'éleve. *Paſcal* eſt le ſeul, qui ait pris un ſage milieu, & qui ait fait voir, qu'il étoit également

dangereux de lui faire connoître ſa grandeur, & de lui trop expoſer ſa baſſeſſe.

Nous pouvons penſer de même à l'égard de ces Philoſophes, & peſer leurs raiſonnemens avec plus d'équité, &, ſi l'on veut, avec plus d'indulgence. Celui, qui étoit judicieux, a toujours été tel. Les égaremens d'un Homme qui penſe, ne proviennent que du défaut de connoiſſances, qui ſont dûes à la ſuite des tems.

Au travers des mépriſes des anciens Mécaniciens, on voit reluire cependant des réflexions auſſi ſages que judicieuſes.

Ariſtote croïoit, que le point d'appui du Mât étoit à ſon extrémité. *Ariſtote* ne péchoit point par défaut de raiſonnement. Ce Philoſophe, conformément aux principes de la Mécanique, cherchoit dans le Mât un point d'appui fixe, & il n'en trouvoit que ſur la Contrequille, où le Mât eſt élevé.

Selon *Baldus*, ſi ce ſentiment étoit vrai, le Mât devroit ou caſſer en cet endroit, ou le Navire faire capot. Cela paroît naturel. Le Mât ne tendant qu'à décrire un arc, & à faire incliner le Vaiſſeau, il eſt certain, que ou il inclinera, tant que le vent fera effort ſur les voiles, ou le Mât ſe rompra, il n'y a point de milieu. Quant à la rupture, dès qu'on place le point d'appui au pied du Mât, on eſt obligé d'accorder, qu'elle ſe fera en cet endroit. Car, non-ſeulement le Mât réſiſte à cette rupture, à proportion de ſa groſſeur & de la multitude de ſes fibres; mais ces fibres réſiſtent d'autant moins, qu'ils ſont éloignés de l'Hypomoclion, qui eſt le centre des efforts.

La mépriſe d'*Ariſtote* une fois reconnue, on ne s'attacha plus qu'au ſentiment de *Baldus*; & les réflexions de celui-ci en fournirent de plus juſ-

tes. On remarqua, que le Mât ne pouvoit point être regardé comme un Levier; parceque le point d'appui d'un Levier devoit être fixe, & qu'on ne pouvoit pas aſſigner de tel point, ni dans le Navire, ni dans le Mât, l'un & l'autre étant toûjours en mouvement.

Que ce raiſonnement eſt ſolide à certains égards! Le grand *Bernoulli* l'a démontré par rapport à un Syſtême de corps, qu'une puiſſance tend à faire incliner par l'action d'un Levier. Ces Savans penſoient, qu'il n'y avoit pas de point d'appui fixe dans le Mât: ils ſe trompoient. Cette connoiſſance étoit peut-être encore trop élevée pour eux. C'étoit bien aſſez d'avoir reconnu, que là où il y a du mouvement, il ne peut y avoir de point d'appui. Cette vérité eſt une ſorte de découverte de leur part, qui exige de la nôtre une reconnoiſſance.

Enfin le Pere *Fournier*, après avoir diſcuté & peſé les divers ſentimens de ces Philoſophes, a été plus loin. Profitant de leurs découvertes, il s'en eſt aidé, pour développer une queſtion qui lui paroiſſoit importante, & qui l'eſt en effet. Ce laborieux Jéſuite a remarqué, que la hauteur de l'Antenne ne contribuoit en aucune façon au ſillage du Navire. Cela eſt vrai dans tous les cas où le vent a un certain dégré de force, capable de le faire incliner. Un plus grand effort ſur le Mât, ne ſert uniquement qu'à le faire tanguer davantage. Mais le cas eſt différent, lorſque la force motrice n'eſt pas aſſez conſidérable, pour faire ſubir au Navire l'inclinaiſon néceſſaire à un parfait ſillage.

Quelle peut être la cauſe de l'erreur du Pere *Fournier* ? C'eſt qu'il penſoit, que l'effet du vent ſur les Voiles étoit le même que celui d'un

Animal, qui traîne une Barque le long d'une Riviere. Il eſt bien vrai, que dans ce cas la hauteur de la Vergue, ou, pour parler avec plus de juſteſſe, du centre d'effort des Voiles, bien loin de contribuer à la rapidité du ſillage, lui eſt contraire. La raiſon en paroîtra évidente, ſi l'on fait attention, que le premier effort de l'Animal tend à faire incliner la Barque, juſqu'à ce qu'elle déplace un volume d'eau, qui faſſe équilibre à l'effort circulaire du Mât. Alors le Bâtiment ne pouvant plus incliner, & l'Animal tirant toujours, il eſt clair, que cet effort doit faire échaper la Barque par l'endroit qui réſiſte le moins, qui eſt ici la Proüe. De ſorte que la Barque fend le fluide avec une vîteſſe d'autant moindre que ſon inclinaiſon eſt grande, ſoit parce qu'elle trouve de la part de l'eau une réſiſtance proportionnelle à l'effort vertical de la Bar-

que, ou autrement à l'inclinaiſon du Mât, ſoit parce qu'elle a un plus grand volume d'eau à déplacer.

Je ferai voir dans cet Ouvrage, que ce n'eſt plus la même choſe, lorſque le Navire cingle par l'effort du vent ſur les Voiles; qu'alors la route du Vaiſſeau n'eſt point forcée, & qu'elle ne ſe fait qu'en balançant.

Après toutes ces recherches, un Géomêtre habile (*M. Bouguer*) a remanié de nouveau cette queſtion. Sans avoir égard à ces divers ſentimens, qui auroient dû ſervir à une connoiſſance certaine, il a cherché à déterminer l'Hypomoclion du Mât, & a diſtingué pour cela deux états dans le mouvement du Vaiſſeau, l'un horizontal & l'autre vertical.

Je démontrerai, que le mouvement horizontal n'a jamais exiſté. C'eſt une vérité d'expérience, & j'en appelle d'avance au jugement de tous les Marins.

Quant au ſecond mouvement, ce Savant place alors le point d'appui au centre de gravité du Vaiſſeau. Il eſt naturel de préſumer, que dans ce cas on ſuppoſe que le Mât paſſe par ce centre. Cependant le centre de gravité du Vaiſſeau eſt toujours l'hypomoclion du Mât, ſoit qu'il paſſe par cet endroit ou ailleurs, en ſorte que le point d'appui eſt hors du Mât même.

Quelque difficile qu'il ſoit de concevoir le point d'appui d'un Levier hors de ce Levier, on peut objecter à M. *Bouguer* ce qu'on a objecté autrefois à *Baldus* : ſavoir, que le point d'appui doit être fixe, tandis que toutes les parties du Navire ſont en mouvement, état que ne conſerve pas le centre de gravité du Vaiſſeau.

Pour déterminer enfin le véritable point d'appui du Mât, il faut faire attention, que le Mât ne peut faire

incliner le Vaiſſeau ſans le ſoulever, & que plus il réſiſte à ce ſoulevement, moins l'inclinaiſon eſt grande. En même tems que le Mât décrit un arc circulaire en avant, le Navire en décrit un en ſens contraire. Ces deux arcs ont par raïon un centre commun, & ce centre doit être eſſentiellement fixe. Cela poſé, ſi de ces arcs oppoſés par la pointe, on pouvoit mener une ligne, elle couperoit le Mât au centre de rotation. Une choſe difficile à déterminer eſt la grandeur de ces arcs proportionnels à leurs raïons. Qu'il ſeroit à déſirer qu'on y parvint! On auroit le centre *ſpontané de rotation*, c'eſt-à-dire l'*Hypomoclion* du Mât.

S'il étoit permis de juger des autres par ſoi-même, ce ſentiment paroîtroit aux plus zélés Partiſans de M. *Bouguer* un principe plus clair que le jour.

Mais un principe a beau être clair, lorſque le préjugé domine. Difficilement le détruit-on, quand il eſt ſous la protection de l'amour propre. Depuis vingt ans que l'opinion de M. *Bouguer* eſt admiſe, on croit que ce Savant ne s'eſt point trompé. Lors même que la Théorie de la Mâture parut, elle fut reçuë avec tant d'applaudiſſemens, qu'on n'eut garde de ſoupçonner que ſon édifice ſi admiré fût appuïé ſur de foibles fondemens. Aujourd'hui on a de la peine à ſe le perſuader.

M. *Bouguer* n'eſt pas le ſeul qu'il faut déſabuſer ; il y a encore à convertir tous ceux qui ont adopté ſes ſentimens. Ce n'eſt pas la premiere fois, que les Savans ont fermé l'oreille aux vérités les plus ſenſibles. Il eſt des erreurs ſéduiſantes & trompeuſes, qui peuvent beaucoup. Nous en avons une preuve & un exemple

bien frappant dans la Marine, pour ne pas ſortir de notre ſujet, & qui a quelque choſe de remarquable.

On ſait, que M. *Huguens* fut écouté peu favorablement, lorſqu'il réfuta le principe ſur lequel la Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux du Chevalier *Rénau* eſt établie, & que l'objection de ce Géomêtre à ce principe paſſa pour une mépriſe de ſa part. Il faut convenir, qu'on s'en tint à la déciſion du grand *Bernoulli*, & que l'erreur ne ſubſiſta que vingt ans. Depuis vingt ans, le principe que je combats eſt établi. Seroit-ce là le terme des mépriſes qui regardent la Marine ?

Si un Homme auſſi illuſtre que M. *Huguens* n'a pû, ni par ſa réputation, ni par la force de ſes démonſtrations, ſoumettre les eſprits, que n'ai-je pas à craindre, moi, qui n'ai que la vérité pour appui, en atta-

quant les principes de M. *Bouguer* ? Je ſais que la vérité toute nuë perce difficilement à travers la prévention & le mérite établi ; & je reconnois en cela tout l'avantage que le célébre M. *Bouguer* a ſur moi.

Un Lecteur attentif, qui a ſuivi l'enchaînement des parties de la Marine, que j'ai dévelopées ſelon leur ordre naturel, a dû s'appercevoir que la queſtion que j'agite ici eſt très-importante, & qu'elle eſt la baſe des principes de la Théorie de la Mâture, & de celle de la conſtruction des Vaiſſeaux. Il a dû comprendre en même tems l'inſuffiſance de tout ce qu'on a écrit ſur ces deux parties de la Marine, fondées ſur l'ancien principe. Que les Savans auroient épargné de la peine à ceux qui ont travaillé ſur ces matieres, s'ils avoient réfléchi mûrement à cette vérité : Rien n'eſt plus contraire aux progrès

des Sciences & des Arts, qu'une aveugle déférence aux opinions auxquelles le tems a donné quelque poids !

Dans cet Ouvrage, je me ſuis borné uniquement à trois choſes : 1°. A éxaminer les principes ſur leſquels M. *Bouguer* a établi ſon Traité de la Mâture, & les conſéquences qu'on en tire. 2°. A faire voir que ſa Réponſe à mon Objection touchant l'Hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage, n'eſt nullement ſatisfaiſante. 3°. A donner le Projet d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

Avant que d'entrer dans l'examen que je me propoſe, je dois faire obſerver que M. *Bouguer*, dans le mouvement du Navire, a négligé *la force d'inertie*, reconnüe par *Képler*, appellée telle par *Newton*, & généralement reçüe ; qu'il a ignoré & la cauſe phyſique du Tangage & la ma-

niere dont le Vaiſſeau fait route. C'eſt ſeulement en aïant égard à ces trois objets, qu'on peut découvrir les vrais principes de la Mâture, j'ai déja dit de la Conſtruction, & former un nouvel Art.

E R R A T A.

Page 10. *ligne* 25. P. 1. *liſez* P. 3.
23. *ligne* 22. un, *liſez* une.
18. *& ſuivantes*, Siſtême, *liſez* Syſtême.
43. *ligne* 21. roient, *liſez* ſeroient.
52. ligne 25. *x*, liſez *x*.
70. *ligne* 4. *après* je ne crois pas, *ajoutez*, vû les connoiſſances qu'elles procureront.
Ibid. *ligne* 8. 428. *liſez* 142.
79. *Au titre courant du haut de la page*, ſur la Manœuvre, *liſez* ſur la Mâture.

LA MÂTURE

LA MÂTURE
DISCUTE'E ET SOUMISE A DE NOUVELLES LOIX.

§ I.

Notions générales de toutes les parties de la Marine.

I.

LA Marine a tant de parties, & ſes parties ont tant d'analogie entr'elles, qu'on ne ſauroit fixer éxactement l'objet d'une en particulier, ſi l'on ne détermine celui de toutes les autres. Sans cette attention, négligée juſques à préſent; l'idée, que l'on aura de la Théorie de la conſtruction, de celle de la Mâture, & de la Manœuvre ſera tou-

jours fort imparfaite. Auſſi la plûpart des Marins confondent aſſez ſouvent la conſtruction avec la Mâture ; les opérations de celle-ci avec celle de la Manœuvre, & la Manœuvre même avec le Pilotage. Pluſieurs d'entre eux définiſſent le Pilotage : *l'Art de conduire facilement & ſûrement un Vaiſſeau ſur Mer ;* quoique cette définition ſoit celle de la Navigation entiére, c'eſt à-dire, de la Manœuvre, du Pilotage, de la Mâture, tout enſemble ; ces Arts particuliers faiſant celui de la Navigation, & le mot de Navigation renfermant tout.

Que le commun des Marins ſoit ſi peu inſtruit de ce qu'il devroit parfaitement connoître, il n'y a pas lieu d'en être ſurpris. La routine le dirige ; & des regles qu'il en a déduites, entaſſées ſans ordre & avec confuſion, forment toute ſa ſçience. Mais il eſt étonnant ; que les Officiers, les Pilotes éclairés, & ſur tout les Géomêtres, qui voient clair dans le fond des choſes, n'aient point défini exactement le Pilotage & la Manœuvre & c. & qu'ils n'aient point placé dans leur rang les diverſes connoiſſances, qui appartiennent à chaque Art en particulier. Peut-être que cette inattention de leur part eſt la cauſe de cet éloignement des véritables principes de la Mâture, qu'on eſt obligé de devéloper aujour-

dui. Eh ! doit-on ſe promettre de réuſſir, & de faire des progrès dans un Art, ſi l'on ignore quel en eſt le but & la fin ?

Tâchons d'éviter ici cet inconvénient. Rendons au Pilotage, à la Manœuvre, à la conſtruction ce qui leur eſt dû ; donnons à la Mâture ce qui lui appartient, & formons-nous une idée claire de tous ces Arts, qui par leur réunion & leur harmonie, forment le plus grand de tous les Arts.

II.

La Théorie de la conſtruction doit renfermer trois choſes. Il faut tâcher de rendre un Vaiſſeau tel ; 1°. Qu'il fende l'eau, le mieux qu'il eſt poſſible ; 2°. Que ſa forme ſoit propre à recevoir une bonne Mâture, afin qu'il en porte bien la Voile ; 3°. Qu'il ſente bien ſon Gouvernail, qu'il gouverne avec aiſance, & qu'il dérive moins. Tout cela eſt du reſſort du Géomêtre-Phyſicien ; il faut être même très-habile, pour diſcuter tous ces avantages, qui paroiſſent quelquefois oppoſés, & dont il eſt néceſſaire de faire une juſte & exacte compenſation.

Outre la figure du Vaiſſeau, qui attire ici toute l'attention, un prudent Théoricien doit encore travailler à le rendre ſo-

lide, ſans le rendre trop maſſif, trop lourd, trop péſant, & bien juger & de la force & de l'épaiſſeur des bois, qui doivent entrer dans ſa compoſition ; pour qu'ils puiſſent réſiſter aux chocs auſquels ils ſont expoſés.

Ces conſidérations exigent bien du travail, bien des connoiſſances, bien des réflexions, bien du temps. Un Homme livré à de pareilles recherches eſt beaucoup occupé ; à la vérité il a beaucoup à faire, puiſqu'il doit découvrir *l'Art de faire des Bâtimens les plus propres à une parfaite & une sûre Navigation.*

III.

C'eſt peu d'avoir un bon Navire, ſi ce Navire n'eſt pas conduit dans un voïage avec circonſpection. A cette fin, on doit avoir recours au Pilotage, à la Manœuvre, à la Mâture.

Le Pilotage preſcrit la route du Vaiſſeau, marque les bancs de ſable, avertit des écueils, & détermine le point du Ciel, ſous lequel le Vaiſſeau ſe trouve. Son but eſt donc : *De preſcrire avec exactitude la route ſûre d'un Vaiſſeau, dans quelqu'endroit du monde qu'il ſe trouve, pour un voïage donné.* La Manœuvre & la Mâture agiſſent de concert, pour faire ſuivre cette route

avec promptitude & avec le moins de riſque. Le principal objet de la Manœuvre eſt de procurer ce premier avantage, celui de la Mâture le ſecond. Il eſt vrai cependant, que la Manœuvre a quelque part à ce dernier ; de ſorte qu'il eſt néceſſaire de bien ſaiſir les connoiſſances, qui lui ſont propres, pour ne nous attacher qu'à celles de la Mâture.

IV.

On ne ſauroit mieux diſtinguer ces deux parties de la Marine, qu'en faiſant attention à deux coupes, dont le Navire eſt ſuſceptible, & qui ſe réduiſent à deux plans ; l'un horizontal & l'autre vertical. Ce dernier peut être conſidéré ſelon que la coupe du Vaiſſeau a été faite, ſoit dans le cas de ſa longueur, ſoit dans le ſens de ſa largeur. La Théorie de la Manœuvre a pour objet les mouvemens du Vaiſſeau, dans le ſens horizontal ; celle de la Mâture dans les ſens verticaux. La premiere n'a égard qu'à la grandeur du ſillage ; la ſeconde aux oſcillations, qui peuvent retarder ce ſillage. Selon que le Vaiſſeau balance on appelle differemment ſes balancemens. S'ils ſe font dans le cas de ſa longueur on les nomme *Tangage*, & dans le cas de

ſa largeur *Rouli*. Or c'eſt ce Tangage & ce Rouli, ou ces balancemens de Prouë à Poupe, & de *Stribord* à *Babord* qu'on examine dans la Mâture.

Je définis donc la Théorie de la Manœuvre, (comme je l'ai déja fait) *L'Art de ſoûmettre les mouvemens du Vaiſſeau à des Loix, pour les diriger le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible :* celle de la Mâture: *Celui de ſoumettre les mouvemens du Vaiſſeau à des Loix, afin de les rendre le moins dangéreux qu'il eſt poſſible.* On comprend bien que les mouvemens horizontaux ſont l'objet de la Manœuvre, & les verticaux celui de la Mâture. En un mot, l'Art de *Manœuvrer* eſt l'Art de bien gouverner un Vaiſſeau. L'Art de *Mâter* eſt l'Art de le tenir dans ſon équilibre.

V.

Pour réunir maintenant tous ces Arts, & pour n'en faire qu'un ſeul, voici comme l'on peut conſiderer ces quatre parties de la Marine. Je compare un voïage, qu'on fait ſur Mer, à celui, qu'on peut faire ſur Terre; & ce que l'on pratique pour la commodité de l'un, peut s'entendre pour la ſûreté de l'autre.

Suppoſons qu'un Voïageur ait une gran-

de courſe à faire en moins de tems qu'il eſt poſſible. Son premier ſoin eſt d'avoir une bonne Chaiſe de Poſte, & il a recours pour cela à un bon Carroſſier, auquel il recommande la ſolidité, la légereté, & une forme avantageuſe, pour qu'elle puiſſe être bien ſuſpendue, &, s'il eſt Phyſicien, pour qu'elle trouve en fendant l'air le moins de réſiſtance qu'il eſt poſſible. C'eſt là le ſoin du *Conſtructeur*. Il faut enſuite ſuſpendre la Chaiſe de Poſte, de façon que notre Voïageur ne ſoit pas trop cahoté, & qu'à un mauvais pas elle ne perde pas aiſément par un contre coup ſon équilibre. En le ſuppoſant intelligent, il examine ſi elle ne panche pas trop ſur l'arriere, ni trop ſur l'avant, ou ſi elle eſt ſuſpendue à une diſtance convenable, de l'un & de l'autre côté. Tel eſt ſur un Navire, l'ouvrage d'un *Máteur*. Après cela, il cherche un Poſtillon, pour conduire cette Chaiſe de Poſte, qui ſoit habile à éviter les ornieres, à ménager le terrein dans un chemin étroit, en tournant avec adreſſe, à éviter les contrecoups. C'eſt ici la béſogne du *Manœuvrier*. Enfin ſi le Poſtillon ne ſait pas le chemin, celui qui le lui montre eſt le *Pilote*. Ce qui fait quatre Arts & quatre Artiſtes; 1° celui de conſtruire une Chaiſe de Poſte légere & ſolide & bien

proportionée ; 2°. celui de la ſuſpendre ; 3°. celui de la conduire ; 4°. celui de connoître la route qu'elle doit tenir.

Après ces éclairciſſemens, les parties de la Marine doivent paroître dans leur plus grand jour, & nous ne devons pas craindre, qu'en parlant de la Mâture, ainſi que nous nous ſommes propoſés, on s'éloigne de ſon véritable but. Il eſt maintenant de la derniére évidence, qu'on n'a égard dans cette Théorie, qu'aux mouvemens verticaux du Navire ou aux balancemens, qu'on doit tâcher de rendre, non-ſeulement les moins dangereux qu'il eſt poſſible, mais même les plus avantageux.

Ici nous devons naturellement expoſer les principes de la Théorie de M. *Bouguer*. Nous croïons avoir mis le Lecteur en état de juger du mérite & du fond de ſon Ouvrage.

§. II.

Principes de la Théorie de la Mâture de M. BOUGUER.

I.

IL y a long-tems, qu'on reconnoît, que les voiles ſupérieures font plus d'effet que les inférieures. Mais ce n'eſt pas, com-

le croïoient les Anciens, parce que le Mât ſert de lévier, & que les plus hautes ſont plus éloignées du point d'apui, qu'ils plaçoient au pied du Mât.* La ſeule raiſon eſt, que les plus élevées ſont expoſées à plus de vent & à un vent plus rapide. M. *Bouguer*, qui fait après le P. *Hoſte*, cette objection aux Philoſophes de l'Antiquité, détermine l'Hypomoclion du Mât bien différemment qu'eux. Selon ce Savant, le centre de la Terre eſt l'Hypomoclion du Mât, dans le mouvement horizontal du Navire. De-là il ſuit, que lorſque le Vaiſſeau ſingle ſelon ce ſens, l'impulſion du vent eſt égale à la réſiſtance, que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau. Dans cette ſuppoſition, le fardeau & la puiſſance étant ſenſiblement à un même point, la puiſſance eſt égale au fardeau.

II.

Si la hauteur des Mâts ne produit aucun changement dans la marche horizontale du Navire, il n'en eſt pas de même dans le cas du Tangage & du Rouli ; car peu de changement, dans la Mâture, produit des

* On a vû dans le Diſcours préliminaire, que ce ſentiment, qu'on attribue ici aux Anciens, n'eſt pas cependant le ſeul, qu'ils aient adopté, comme M. *Bouguer* l'a crû.

effets bien différens, ce qui n'arriveroit pas, ſi le centre de la terre étoit l'Hypomoclion du Mât. On doit donc conclure, dit M. *Bouguer*, que le centre de gravité du Vaiſſeau eſt alors l'Hypomoclion, ou le point d'apui du Mât. Cette conſéquence n'eſt pas tout-à-fait hazardée. Une puiſſance (appliquée à un levier) tend d'autant plus à faire incliner un corps, qu'elle eſt plus eloignée (ſelon M. *Bouguer*) de ſon centre de gravité.

» Si par exemple, (je me ſers des mêmes » termes de l'Auteur) la direction SK, (*fig.* » 1.) du choc du vent ſur la voile L M, » paſſoit par le centre de gravité G du Na» vire OC, (*fig.* 1.) le vent n'auroit aucune » force, pour le faire incliner; mais comme » la direction SK eſt conſidérablement éloi» gnée du centre G, on doit convenir, » que le choc du vent tend à faire pancher » le Vaiſſeau avec un moment, qui eſt » d'autant plus fort, que la diſtance de ſa » direction S K au centre G, qui ſert de » point d'apui eſt grande. (*De la Mâture des Vaiſſeaux p.* 1.)

III.

Tandis que le vent travaille à faire plonger la Proüe du Navire, l'impulſion, qui s'oppoſe à l'effort du vent, eſt *l'impulſion*

de l'eau ſur la Proüe ; & cette impulſion peut contrebalancer ſon effort : Elle ſouleve la Proüe, lorſque le vent travaille à la faire *caler ;* de ſorte que, ſelon qu'une de ces impulſions ſera plus ou moins forte, le Vaiſſeau doit prendre différentes ſituations.

IV.

Cela poſé, M. *Bouguer* entre dans le détail & examine les différens états du Vaiſſeau, ſelon les différentes impulſions. Pour parvenir à cette connoiſſance, l'Auteur exprime par le côté Np d'un parallélograme Nt, l'impulſion du vent ſelon S K & par Nr celle de l'eau DR, dont la diagonale Nt, repréſente l'effort abſolu de ces deux forces, qui tirent le Vaiſſeau *dans le ſens de la route.*

Or, ajoûte l'Académicien, plus le Vaiſſeau fuit le vent, plus le ſillage s'accélére, & moins l'impulſion du vent ſur les voiles eſt grande. D'un autre côté, plus le Vaiſſeau ſingle vite, plus l'impulſion de l'eau ſur la Proüe eſt forte : d'où il naît un changement, qui forme les côtés du parallélograme bien différens du précédent. Dans ce ſecond état, le côté, (pN) qui exprime l'effort du vent doit être moindre, & celui de la réſiſtance (Nr) de l'eau ſur la Proüe doit être plus grand.

Ce nouvel effort fait accélérer la marche du Navire, & la même choſe ſe répéte à chaque inſtant, juſqu'à ce que l'effort mutuel du vent & de l'eau, ou la diagonale du dernier parallélograme, ſoit verticale au Navire.

Alors ces deux forces réunies en une ſeule, ne tendent qu'à ſoulever le Vaiſſeau ; & comme, ſelon M. *Bouguer*, il reſte fort peu dans le premier état, je veux dire dans celui où ſa marche s'accélére (puiſque cette accélération s'acheve dans deux ou trois minutes) l'Auteur conclud, qu'on peut conſiderer ſon mouvement ſeulement dans ce ſecond état. Ainſi M. *Bouguer* établit pour principe, que : *Les impulſions du vent ſur les voiles, & de l'eau ſur la Prouë ne ſe réduiſent, qu'à un effet vertical au Vaiſſeau, ou ne tendent qu'à ſoulever le Navire en haut, ſelon la verticale qui paſſe par l'interſection de leurs directions.*

V.

Ceci eſt ſpecieux, & les conſéquences de ce raiſonnement ſont admirables. Puiſque l'effort mutuel du vent & de l'eau tend à ſoulever le Navire, il eſt clair, qu'il ne le ſoulevera horizontalement, que quand cette verticale paſſera par le centre de

gravité du Vaiſſeau. Une puiſſauce tend d'autant plus à faire incliner un corps, qu'elle eſt plus éloignée de ſon centre de gravité ; de maniere, que ſi elle s'éloigne du côté de la Poupe, la Mâture ſera défectueuſe, puiſqu'elle tendra à faire incliner le Navire du côté de la Prouë ; ſi elle paſſe du côté de la Prouë, la Poupe inclinera. D'où il eſt aiſé de conclure, que la véritable Mâture eſt celle, qui fait paſſer la direction verticale NT, compoſée de l'eau & du vent, par le centre de gravité du Navire.

Cette conſidération fournit ce ſecond principe : *Pour mâter un Vaiſſeau, il faut faire paſſer la direction du vent ſur la voile, par le point de concours de la direction du choc de l'eau ſur la Prouë, & la verticale du centre de gravité du Vaiſſeau.*

VI.

L'examen, qu'on vient de faire, ne conſidere que deux forces, celle du vent & celle de l'eau. On ne doit pas en négliger un troiſiéme. Rien n'eſt caché à M. *Bouguer*. Il s'agit ici du choc vertical de l'eau, pour ſoulever le Vaiſſeau. On ſait en Hydroſtatique, & on en rend raiſon, que les liqueurs ont une force, pour pouſſer en

haut les corps, qui y ſont plongés. Cette force, qui eſt égale au poids du corps, agit dans le centre de gravité de l'eſpace, qu'occupe la *Carene*, ou la partie ſubmergée du corps.

Lorſque le Vaiſſeau eſt tiré en haut, par l'effort mutuel du vent & de l'eau, dont je viens de parler, il ſe trouve moins plongé. Le centre de la Carene, ne quitte point, par ce ſoulevement, la verticale du centre de gravité du Navire, lorſque la Prouë & la Poupe ſont égales comme ſont les Houcres ; mais elle s'en écarte, quand cette égalité n'exiſte plus, & c'eſt ce qui arrive dans nos Vaiſſeaux ordinaires. Alors ce centre change de place, & cette force, ne ſe trouvant plus ſous le centre de gravité du Navire, tend à produire quelque inclinaiſon, qui peut varier, ſelon que ce centre eſt éloigné du centre de gravité du Navire, ſoit du côté de la Prouë ou de celui de la Poupe. Cette inclinaiſon peut même devenir ſi grande, que l'eau entre par les *Sabords* du Navire & le ſubmerge, à moins, qu'il n'y ait équilibre entre la traction verticale de l'eau & du vent, ou la diagonale du parallélograme, & la pouſſée verticale de l'eau au centre de gravité du Navire.

C'eſt-là, dit M. *Bouguer*, la loi générale

que les Vaiſſeaux obſervent dans leurs ſituations.

VII.

Il ſeroit à ſouhaiter, que cet équilibre exiſtât toujours. Par malheur cette pouſſée verticale perd très ſouvent équilibre, & ce n'eſt même que par un grand hazard, qu'elle peut le conſerver.

Quoique cette difficulté ſoit forte, elle s'évanoüit, lorſqu'on fait attention, que l'effort formé par l'eau & le vent, ne fait ſortir qu'une partie preſqu'inſenſible de la Carene. Le calcul en eſt fait. Le vent le plus rapide ne peut ſoulever le Navire hors de l'eau, que de l'épaiſſeur de ſix pouces. Ce qui fait voir, que, pour obvier à cet inconvénient, il ſuffit de faire paſſer la verticale de l'eau & du vent, ou la traction verticale par le centre de gravité de la coupe horizontale priſe à fleur d'eau, pour qu'elle paſſe ſenſiblement par la partie non ſubmergée. Ainſi la bonne Mâture ſe réduit: *A faire enſorte que la direction de la voile paſſe par le point de concours de la direction du choc de l'eau ſur la Prouë, & la verticale du centre de gravité de la coupe du Navire faite au raz de la Mer.*

VIII.

Tels ſont les principes de la Mâture de

M. *Bouguer*. Il n'a été principalement queſtion dans cette Théorie, comme on a dû voir, qne du mouvement du Navire, lorſque la traction verticale agit par ſon centre de gravité, ou par celui de ſa Carene, & dans cet état les regles établies ci-deſſus ſuffiſent. Cependant, ſi, comme il arrive ordinairement dans les routes obliques, cette diagonale paſſe beaucoup au de là du centre de gravité du Navire, ſans qu'on puiſſe remedier par ces regles, il eſt important d'en découvrir & d'en connoître d'autres.

D'abord l'Auteur de la Mâture vouloit, qu'on cherchât à faire répondre *le point vélique*, ou le point de concours du vent & de l'eau, au centre de gravité du Navire, en inclinant la voile le plus qu'il eſt poſſible, afin que le Vaiſſeau ne *calât* pas conſidérablement. En examinant la queſtion de plus près, on a reconnu un moïen plus ſûr & plus géométrique. C'eſt pour faire part au public de ce moïen, que M. *Bouguer* a écrit, dans ſon *Traité du Navire &c.* ſur la Mâture des Vaiſſeaux. Le voici en peu de mots.

IX.

Lorſque le Navire eſt tiré par une direction verticale beaucoup diſtante du centre de

de gravité, il incline, & cela juſqu'à ce que la pouſſée verticale de l'eau ſoit aſſez diſtante de ce même centre dans un ſens contraire pour faire équilibre à cet effort. Ces deux forces doivent ſoutenir le Navire. Pour que cela ſoit, il n'y a qu'à diminuer la hauteur du *point vélique*, ou la ſurface des voiles, juſqu'à ce que la traction multipliée par ſa diſtance, au centre de gravité du Navire, qui lui ſert de bras de levier, dont le centre de gravité eſt l'hypomoclion, ſoit égale à la pouſſée verticale multipliée par ſa diſtance du même centre, dans un ſens contraire.

Après cela, la Théorie de la Mâture de M. *Bouguer* eſt perfectionnée. Cette perfection eſt toujours appuiée ſur les principes précédens, & n'en eſt qu'une conſéquence & une ſuite.

§. III.

Objection au principe fondamental de la Théorie de la Mâture, de Monſieur BOUGUER. Réponſe de cet Auteur à cette objection. Replique à ſa réponſe.

I.

LA Théorie de la Mâture, de Monſieur *Bouguer*, eſt établie ſur ce principe : *Le centre de gravité du Vaiſſeau eſt l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage.* J'ai avancé dans ma nouvelle Théorie de la Manœuvre, que ce principe étoit faux, & que le point d'apui étoit au centre ſpontané de rotation. J'en ai renvoïé la preuve à la Théorie de ce centre établie par M. *Bernoulli* dans le IV. Tome de ſes Oeuvres.

Il s'agit dans cet article, qui a pour titre : *De centro ſpontaneo rotationis*, de déterminer le point d'apui d'un levier, qui tend à faire tourner un Siſtême de pluſieurs corps. M. *Bernoulli* examine d'abord le mouvement du Siſtême ſelon deux différen-

tes directions. Ou, dit ce Grand Homme, la force motrice paſſe par le commun centre de gravité du Siſtême, ou elle n'y paſſe pas. Si elle paſſe par ce centre, il eſt évident, que le Siſtême ſera mû ſelon une direction paralléle à celle de la force motrice ; parce qu'elle ne lui oppoſe d'autre réſiſtance que celle qu'il peut faire par ſa maſſe. Si elle n'y paſſe pas le cas eſt différent.

II.

M. *Bernoulli*, pour développer ce ſecond cas, ſuppoſe, que la puiſſance, qui doit faire mouvoir le Siſtême, ſelon une direction oblique, agit ſur un levier perpendiculaire à un plan horizontal, qu'on imagine diviſer en deux le Siſtême, par le centre de gravité.

On ſait, que la puiſſance étant appliquée à l'extrêmité du levier peut être priſe, pour l'hypomoclion, par rapport à quelqu'autre, qui doit agir à un autre endroit du levier, ſelon les Loix ordinaires de la Mécanique. Or, il eſt clair, que ſi le Siſtême incline, l'autre puiſſance ne peut pas paſſer (en prenant toujours l'extrêmité du levier oppoſée à celle qui paſſe par le centre de gravité du Siſtême pour hypomoclion) par le centre de gravité :

(Art. 1.) donc elle doit être appliquée à quelqu'autre point hors de ce centre ; & c'eſt ce point qu'il s'agit de découvrir.

III.

Dans cette vuë, & pour parvenir à cette connoiſſance, M. *Bernoulli* obſerve, que ce point doit être ſtable, tandis que tous les autres du Siſtême & du levier ſont en mouvement ; que ce point eſt celui où toutes les parties muës ſont en équilibre ; & il démontre, que le centre de rotation, qu'il eſt queſtion de trouver, eſt le même que le centre d'oſcillation.

IV.

Lorſque j'objectai cette Théorie, à l'hypomoclion du Mât, placé au centre de gravité du Navire, je me croïois très-fondé. Quoique j'aie ſoumis l'application, que j'en faiſois au Tangage du Navire, au jugement de M. *Bouguer*, j'étois bien intimement perſuadé que j'avois raiſon, & j'ai été extrêmement ſurpris, que des Géomêtres l'aïent révoquée en doute. Quelque ſoin que j'aie pris, pour faire entendre mes preuves, & pour convaincre les plus opiniâtres, j'ai vû avec chagrin, que des

raiſonnemens ſolides, auxquels on ne pouvoit répondre, n'aboutiſſoient qu'à leur faire garder la neutralité entre le ſentiment de M. *Bouguer*, & le mien. Ce ſilence obſtiné me jetta dans une perplexité, qui me détermina à prendre la liberté d'écrire à un Savant, ſur le ſujet de la diſpute, pour lui demander ſon avis. La réponſe, dont il m'a honoré a été conforme à mes premieres idées : La voici.

Extrait d'une Lettre écrite à l'Auteur.

» Vous avez raiſon, Monſieur, de croire » douteux le principe ſur lequel M. *Bouguer* » établit ſa Théorie, en plaçant l'hypo- » moclion du Mât (dans le cas du Tanga- » ge) au centre de gravité du Vaiſſeau ; » quant à moi, je regarde ce principe non- » ſeulement comme douteux, mais com- » me entierement faux ; car il eſt viſible, » que le véritable endroit où doit ſe trou- » ver l'hypomoclion, eſt au centre ſpontané » de rotation, comme vous avez obſervé » fort à propos ; la démonſtration que vous » alleguez eſt ſans replique ; il eſt vrai, » qu'il ſeroit difficile de déterminer ce » centre, parce qu'il faudroit connoître le

» point dans le Mât où ſe concentre la
» force mouvante ; car l'intervale entre ces
» deux centres donneroit la longueur d'un
» Pendule ſimple, dont les oſcillations
» ſeroient izochrones au balancement du
» Navire : or c'eſt ce qui eſt démontré dans
» la double ſolution de M. *Bernoulli*, depuis
» la page 287. juſques à la page 293. du
» Tome IV. de ſes Oeuvres.

» *Poſt ſcriptum.* N'aïant point vû la
» nouvelle Théorie de la Manœuvre des
» Vaiſſeaux, que vous dites avoir donnée au
» Public, je ne ſuis pas en état d'en ju-
» ger ; cependant je ſuis étonné, qu'il y
» ait des Sçavans, comme vous aſſurés, qui
» doutent de la vérité d'un principe auſſi
» clair que le jour.

V.

A cette objection, qui doit paroître maintenant à découvert, M. *Bouguer* a fait la réponſe ſuivante.

» Le lecteur doit remarquer (Traité
» du Navire p. 515. note 2.) qu'il ne
» s'agit point ici (dans le cas où l'hypo-
» moclion eſt placé au centre de gravité
» du Navire) d'oſcillations ou de ba-
» lancemens, & qu'il n'en étoit pas plus
» queſtion dans mon Traité de la Mâture,
» où je ne parlois de changement de

» ſituations de la part du Navire, que pour
» tâcher de les prévenir. Lorſque le Vaiſ-
» ſeau eſt expoſé à l'action de pluſieurs puiſ-
» ſances, c'eſt-à-peu près le même cas, que
» ſi pluſieurs perſonnes tiroient une régle
» à différens endroits & ſelon différentes
» directions. On ſçait bien que cette régle
» peut changer de ſituations ſur une infini-
» té de points ; mais il n'en eſt nullement
» queſtion lorſqu'on veut que la régle ne
» tourne pas ; & il ſuffit pour cela qu'il y
» ait un équilibre parfait entre l'effort de
» toutes les perſonnes, qui agiſſent enſem-
» ble. C'eſt ce que je tâche auſſi de faire à
» l'égard du Vaiſſeau.

Il ajoûte plus bas : » Lorſque je conſide-
» re chaque effort à part, je n'introduis ce-
» pendant pas moins l'équilibre par rapport
» au centre de rotation prétenduë, ou mê-
» me par rapport au centre de la Terre,
» que par rapport au centre de gravité du
» Navire. La raiſon en eſt évidente à tous
» les Lecteurs un peu verſés dans les Méca-
» niques. On rend ici l'équilibre parfait, c'eſt-
» à-dire on le rend tel, que généralement
» tous les efforts ſe détruiſent mutuelle-
» ment par leur égalité & oppoſition. L'éf-
» fort du vent contre les voiles, la réſiſtan-
» ce qu'éprouve la Prouë, la pouſſée ver-
» ticale de l'eau, la péſanteur même du

» Navire, toutes ces forces ſuſpendent » réciproquement leur effet : ainſi elles ſont » en équilibre à l'égard de tous les points » imaginables. «

VI.

Par cette réponſe, *que je tranſcris ici ſervilement*, l'Auteur de la Mâture prétend lever mon objection. Quant à moi, je crois ſincerement, qu'on n'y ſatisfait pas du tout. On ne doit pas aſſurément me croire ſur ma parole ; mais j'eſpere, qu'on ne trouvera pas mauvais, que je prouve ce que j'avance.

Je diviſe ma réplique en trois parties. Je me propoſe de faire voir : 1°. Qu'on ne répond point à mon objection, & qu'on s'écarte même des principes de la Théorie de la Mâture, que j'ai expoſés dans le Paragraphe précédent ; 2°. Que l'équilibre prétendu, ſur lequel on ſe retranche, n'exiſte point ; 3°. Qu'il eſt impoſſible, d'une impoſſibilité phyſique, qu'on ne ſauroit vaincre, d'empêcher les balancemens du Navire, comme on prétend les prévenir.

Une ſi vigoureuſe ſortie, contre la réponſe, qu'on a faite à notre objection, a beſoin d'être bien ſoutenue : auſſi l'eſt-elle ; & nous oſons nous flatter d'avoir pour renfort des raiſons aſſez fortes, pour ſecoüer entierement le préjugé.

§. IV.

La réponſe de M. BOUGUER, eſt indirecte. Elle ne leve pas l'objection. Contrariété dans les ſentimens de cet Auteur.

I.

APRE'S avoir admis la Théorie du centre ſpontané, l'Auteur de la réponſe ſoutient qu'elle n'a pas lieu dans le cas du Tangage du Navire ; & quoiqu'il diſe formellement, p. 3. de ſon Traité de la Mâture, que le centre de gravité doit être pris alors pour l'hypomoclion ; ſon ſentiment eſt qu'il ne tangue pas, c'eſt-à-dire, que ce centre eſt l'hypomoclion du Mât, non pas dans le cas du Tangage, mais dans le cas du Non-Tangage ; ce qui implique contradiction.

Je le dis comme je le penſe : je n'aurois jamais pû prévoir cette réponſe. C'eſt trancher net la difficulté : il n'y a rien à dire. Si le Vaiſſeau ne tangue point, la diſpute eſt terminée ; puiſqu'il ne s'agit ici que de

déterminer l'hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage. J'ai donc raiſon alors de refuſer le centre de gravité, pour point d'apui. On me l'accorde, c'eſt tout ce que je demandois. Voyons maintenant comment on élude notre objection.

Il n'eſt point queſtion ici, ſelon M. *Bouguer, de balancemens ou d'oſcillations*; mais en eſt-il queſtion dans la Théorie citée de M. *Bernoulli*? Cet illuſtre Géometre fait bien voir, que le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation: eſt-ce que cela prouve que le Syſtême balance? Afin que le centre de rotation ait lieu, il ſuffit ſeulement que le Syſtême incline, auſſi peu qu'on voudra, & qu'il reſte dans cette ſituation, ſi l'on veut.

II.

Soïons indulgens. Suppoſons, que le Vaiſſeau n'incline pas, & que les puiſſances auxquelles il eſt en proie le tiennent dans un parfait équilibre. Qu'arrive t'il delà? Lorſqu'on a conclu, que le centre de gravité du Navire eſt l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage, avoit-on fait encore mention de cet équilibre prétendu, qui eſt le réſultat de la Théorie de la Mâture? Non. On a même attention avant que de l'établir, de recommander à la 5e. page

» De ne pas oublier de prendre toûjours le » centre de gravité du Navire pour point » d'apui, puiſque ce centre ſert véritable- » ment d'hypomoclion à toutes les puiſſan- » ces, qui tendent à faire tourner ou incli- » ner le Navire. «

Tâchons de ne rien oublier. Ajuſtons la réponſe à cette propoſition. On ſait bien, dit l'Auteur, *que cette régle* (ou le Mât) *peut changer de ſituations ſur une infinité de points.* Ceci ne me paroît pas juſte. Le centre de gravité ſert d'hypomoclion à toutes les puiſſances, qui tendent à faire incliner le Navire. Par la réponſe, le Mât tend à tourner ſur une infinité de points : Or s'il peut changer de ſituations ſur une infinité de points, n'eſt-ce pas ſur ces points particuliers, qu'il tend à tourner, quoiqu'on veuille qu'il ne tourne pas abſolument ?

III.

Ce n'eſt pas tout : comme je ne connois point d'équilibre, puiſque je ne ſuis encore qu'à la 5e. page du Traité de la Mâture, moi, Lecteur, je dis : voilà une propoſition fauſſe. J'en renvoie la preuve à la Théorie du centre ſpontané de rotation, & je m'arrête à cet endroit.

Peut-être ai-je tort, que ſait-on. Pourſuivons donc notre Lecture, en convenant,

juſqu'ici, qu'il eſt faux, que l'hypomoclion du Mât ſoit dans le cas du Tangage au centre de gravité du Navire. (puiſque l'équilibre n'eſt point encore établi) Je lis donc, & je trouve après avoir tout lû, que l'équilibre eſt parfait (en ſuppoſant que je l'adopte ou que je le conçoive) entre tous les points imaginables, c'eſt-à-dire entre le centre de la Terre & le centre de gravité. Cette connoiſſance me fournit cette réflexion. Si l'équilibre eſt parfait, entre ces points, pourquoi prendre plutôt pour hypomoclion, le centre de gravité du Navire que le centre de la Terre? Je crois d'abord, qu'il eſt indifférent de prendre l'un ou l'autre: mais cette penſée fait place à celle-ci. L'équilibre eſt parfait! dis-je. Le Vaiſſeau ne peut ni incliner ni balancer: d'où je conclus, qu'il ſingle horizontalement: donc, je tire d'après notre Auteur, cette conſéquence: le centre de la terre doit être l'hypomoclion du Mât. Ainſi je congédie ſans retour le centre de gravité du Navire, qui poſtuloit cette place.

IV.

Je ne m'écarte pas des principes de notre Théorie. Je penſe que j'ai démontré ce que j'ai promis: je dis démontré, parce qu'il n'eſt point d'expreſſion plus forte. J'ajoûte cependant deux réflexions.

On admet la Théorie du centre ſpontané de rotation, & on poſe pour vrai : » Que » le choc du vent, tend à faire pancher » le Navire avec un moment d'autant » plus fort, que ſa diſtance au centre de gra- » vité, qui ſert de point d'apui, eſt grande. « Cette propoſition s'accorde-t'elle avec la Théorie de M. *Bernoulli ?* En vérité peut-on concilier l'une avec l'autre *?* Si la ſeconde eſt vraie, la premiére eſt fauſſe. Sans renvoyer le Lecteur au N°. 177 déja cité, on en jugera par la ſuite.

V.

La réponſe, que nous réfutons, ne porteroit pas à faux de toutes façons, ſi l'on n'eût tiré la conſéquence du centre de gravité pour l'hypomoclion, qu'après avoir établi l'équilibre qu'on nous oppoſe ; au lieu qu'il n'en eſt queſtion qu'à la fin de l'Ouvrage. Cela n'eſt pas douteux. Voici cependant quelque choſe de plus fort.

On nous donne gain de cauſe, ſi le Mât tourne, ſi le Navire incline, s'il change de ſituations. Le centre de rotation a lieu alors. Deſorte que faiſant voir, que le Mât ou la *régle* tourne, & qu'on prend toujours le centre de gravité pour hypomoclion, nous ſerons en droit de crier,

à la mépriſe, à l'erreur, on ſe trompe. Il n'y aura pas moïen de s'en dédire.

A cette fin nous pourrions avoir recours au Traité de la Mâture, où nous trouvons, que dans les routes obliques le Navire incline, & qu'on eſt toujours dans le même ſentiment. Mais nous avons quelque choſe de plus ſenſible dans le *Traité du Navire*.

Qu'on liſe de cet Ouvrage la IV. Section, Chap. III. p. 524. L'Auteur dit, en parlant du vent, pour faire incliner le Vaiſſeau : » L'effort que fait la voile, pour » faire incliner le Navire n'a pour hypo- » moclion ni le centre de gravité du Na- » vire, ni le *Metacentre* ; * mais le point de » concours des directions de l'axe de l'eau » ſur la Proüe, & de la pouſſée verticale » de l'eau, qui s'exerce au centre de gra- » vité du Navire, lequel eſt exactement » au deſſous du Metacentre dans la même » verticale «.

Il n'y a plus ici d'équivoque. Il eſt démontré dans ce même endroit, que lorſque les puiſſances ne ſe contre-balancent pas exactement, cet hypomoclion a lieu, c'eſt-à-dire lorſque l'équilibre eſt détruit.

* M. *Bouguer*, appelle ainſi, le terme de la plus grande hauteur du centre de gravité du Vaiſſeau.

Je le demande au Lecteur. N'eſt-ce pas ici le cas d'admettre le centre de rotation? On voit, que la *régle* ou le Mât tourne: donc il y a un centre de rotation. Je ne ſuis en cette conſéquence, que l'écho de notre Auteur.

Je puis hardiment avancer, ſans crainte d'être contredit, que le centre de gravité doit être maintenant rejetté pour hypomoclion, puiſque le Navire tangue: on en convient. Cependant, il peut arriver, que le point de concours qui ſert de point d'apui, ſoit au centre de gravité du Navire, & que ces deux centres ſe confondent; ſelon, ou que le Vaiſſeau ſera plongé, ou que ſa figure ſera différente. Dans ce cas, voici encore le même inconvénient. Le centre de gravité eſt alors l'hypomoclion, & par conſéquent un centre de rotation: ce qui implique, & ce qui ne s'accorde pas avec les principes de l'Auteur.

D'ailleurs, dès que le Mât tourne, on eſt convenu que la Théorie du centre de rotation a lieu: on doit donc l'admettre ici. Or ſelon cette Théorie, l'hypomoclion du Mât doit être un point fixe, qui ſert de centre à l'inclinaiſon du Navire, & non pas dans les directions des impulſions de l'eau, dont on n'a que faire. On néglige la force *d'inertie*, & c'eſt elle qui fait preſ-

que tout. Si l'on réfléchit là dessus, on verra que cette seconde mépriſe n'eſt qu'une ſuite de la premiere.

VI.

Tout ceci me paroît ſi clair, ſi précis ; ſi déciſif, que je ne crois pas devoir inſiſter davantage. Je penſe, qu'il eſt évident, que ce dernier article confirme ce que nous avons avancé ſur la Mâture par rapport au point d'apui du Mât. Le Lecteur voit maintenant, que l'équilibre eſt détruit, & que le centre de gravité eſt toujours l'hypomoclion. Il y a plus. Comme c'eſt ſur cet équilibre que l'Auteur de la réponſe s'eſt retranché, aïant fait voir, que cet équilibre n'exiſte pas, & qu'il eſt toujours dans le même ſentiment, nous avons fait un argument *ad hominem*, qui prouve, qu'on ne leve point notre difficulté ; que les principes établis dans le Traité de la Mâture, & dans celui du Navire, ſont très-douteux, & pour parler en Géomêtre, faux.

§. V.

L'effort du vent ſur les Voiles, l'impulſion de l'eau ſur la Proüe, ne peuvent ſuſpendre le Vaiſſeau, & le tenir en équilibre.

I.

UN fondement ruineux, ne peut qu'entraîner de mauvaiſes ſuites. Il étoit preſque impoſſible, que le centre de gravité du Vaiſſeau établi pour hypomoclion ne fût pas tel, ſans que les conſéquences, qu'on en a en quelque ſorte déduites, ne fuſſent chancelantes. Delà cet équilibre, qu'on nous a oppoſé, ſe trouve malheureuſement ſuſpecté, & cela par ſon propre fond, & en ſuivant toujours les principes de la Théorie que nous examinons. Je ne prétends pas faire un procès en l'air à cet équilibre : voici naturellement le ſujet de ma plainte.

Dans le Traité de la Mâture on poſe pour vraies ces trois propoſitions. (§. II. 1.)

La principale force qui s'oppoſe à l'impulſion du vent) tandis qu'il travaille à faire tanguer le Navire) *eſt l'impulſion de l'eau, ſur la Prouë;* 2°. L'effort compoſé du vent & de l'eau tire le Navire dans *le ſens de la route*, Lorſque la *marche* du Navire s'accélére; 3°. L'impulſion du vent & celle de l'eau réunies, décompoſées en une, c'eſt-à-dire la diagonale du dernier parallélograme eſt *verticale au Vaiſſeau*, lorſqu'il cingle avec une vîteſſe uniforme. Le ſavant M. *Bouguer* me paroît être tombé ici dans trois mépriſes.

II.

Depuis quand l'impulſion de l'eau ſur la Prouë d'un Navire s'oppoſe-t'elle à ſon inclinaiſon? Tous les Mécaniciens, les *Bernoullis*, les *Euler*, les *Parent*, les P. *Hoſte*, diſent & démontrent le contraire. Selon eux, c'eſt la pouſſée verticale de l'eau, qui agit à meſure que le Navire ou le corps plongé incline. En effet, peut-on concevoir, qu'une impulſion horizontale contre-balance un effort vertical, ſi ce n'eſt par un frotement? Le principal effort ſe fera toûjours dans une direction oppoſée au mouvement du corps, & c'eſt cette force qu'on doit conſidérer.

III.

A Dieu ne plaiſe, que je penſe, que mon illuſtre Adverſaire ſoit là-deſſus d'un ſentiment différent. J'interprête mieux ſa propoſition. Si le Navire incline, la pouſſée verticale de l'eau s'oppoſera alors à l'inclinaiſon du Navire. Cela eſt inconteſtable. Mais qu'a-t-on affaire de cette pouſſée, ſi le Navire n'incline pas ? Il eſt prouvé, que les impulſions de l'eau ſur la Proüe & du vent ſur les voiles, tirent le Vaiſſeau dans *le ſens de la route ;* & cela ſuffit.

Qu'on y prenne garde. On convient, (& j'en convaincrai dans la ſuite le Lecteur) que le centre du mouvement du Navire eſt un centre de rotation. Enſorte que l'extrémité élevée du Mât ne peut pas décrire quelque arc en avant, que l'autre extrémité n'en décrive un autre en arriere. D'où je conclud, que dans l'inſtant du choc du vent ſur la voile, l'impulſion de l'eau ſur la Proüe ne s'oppoſe pas à l'inclinaiſon du Navire ; puiſque bien loin que la Proüe s'appuie ſur l'eau elle s'en éloigne. La premiere force, qui s'oppoſe à l'effort du vent, eſt non-ſeulement la pouſſée verticale, mais l'impulſion de l'eau ſur la Poupe ; de façon que ſi ces deux forces peuvent faire équilibre à ces

effort, le Navire n'inclinera point du tout; je dis plus, il ne fillera point. Car il eſt impoſſible, qu'un Vaiſſeau ſingle s'il n'incline, s'il ne tangue. Je prouverai ce que j'avance. En attendant, je ne dois pas omettre une force, qu'on néglige ici abſolument & qui fait beaucoup : c'eſt la force *d'inertie*. Cependant elle eſt un grand obſtacle, à la puiſſance, qui tend à faire incliner le Navire : En général on ne doit jamais la perdre de vuë dans le mouvement des corps.

IV.

C'eſt aſſez d'avoir prouvé, que la principale force, qui s'oppoſe au Tangage du Navire, n'eſt point l'impulſion de l'eau ſur la Prouë, afin que l'équilibre ſoit anéanti & que les forces auxquelles le Vaiſſeau eſt en proie, ne puiſſent ſe contrebalancer. Nous avons encore outre cela deux doutes à propoſer.

Lorſque l'Auteur de la Mâture veut, que la diagonale NT ſoit verticale, il prétend, que le Vaiſſeau eſt tiré ſelon cette direction. Quelle raiſon a-t'on pour refuſer ce privilége à la diagonale Nt ? Si on l'accorde, la Prouë inclinera. Prolongeons Nt juſques en E. Le Vaiſſeau eſt tiré par un point éloigné du centre de gravité de la *Carene*

du côté de la Poupe ; par conſéquent, ſelon les principes de l'Auteur, la Prouë doit tanguer. Si au contraire on refuſe à cette diagonale ce privilége, quel droit a-t'on de donner cette prédilection à la traction verticale NT ?

V.

Nous ne la conteſtons point cette traction. Seulement nous doutons fort, que la diagonale du dernier parallélograme puiſſe jamais être verticale au Navire.

On ſait, c'eſt une vérité connuë de toutes les perſonnes, qui ſont un peu verſées dans les Mécaniques, que quand le ſillage du Navire eſt uniforme, l'impulſion de l'eau ſur la Prouë, eſt égale à l'effort du vent ſur les Voiles. Cela poſé, qu'eſt-ce qu'on pourra répondre, ſi je fais voir, que la fin de l'accélération de la marche du Vaiſſeau ne peut pas être une preuve, que la réunion du vent & de l'eau (des impulſions) eſt verticale ; que ſi cela étoit, il faudroit, que la réſiſtance de l'eau ſur la Proue devînt beaucoup plus grande, que l'effort du vent ſur les Voiles ? Ceci eſt ſoutenu d'une démonſtration, & d'une démonſtration géométrique.

La traction NT ne peut pas être perpendiculaire à la ſituation horizontale DH du

Navire, que la ligne NT ne ſoit perpendiculaire ſur KS paralléle à DH : le triangle NTP eſt donc rectangle en N : donc PT, qui en eſt l'hypothénuſe, & qui repréſente l'effort de l'eau ſur la Prouë, eſt plus grand, que le côté PN, qui exprime celui du vent, ſur les voiles. Cela eſt clair comme le jour. Il ne reſte donc qu'à conclure, que la diagonale NT ne peut jamais être verticale. C. Q. F. D.

On ſera peut-être ſurpris, que des vérités ſi ſimples ayent été ignorées. Je ſerois moi-même effrayé de l'évidence de ces propoſitions, ſi je n'étois convaincu, qu'il ne faut ſouvent qu'une mépriſe pour en ſuggerer pluſieurs autres. Encore, ce n'eſt pas là tout ce que j'oppoſe à cet équilibre. Nous allons examiner des raiſons plus phyſiques & qui dépendent du fond même de la matiére, qu'on n'a pas encore développé. La fin de la réponſe de M. *Bouguer* conſiſtoit à prouver, qu'on prévenoit les balancemens du Navire ; mais nous en allons voir l'impoſſibilité, & en même tems la cauſe phyſique de ces balancemens inconnus juſques aujourd'hui.

§. VI.

Quelle eſt la Cauſe Phyſique du Tangage du Navire. Il eſt impoſſible de le prévenir.

I.

ON nous a beaucoup parlé juſqu'ici de balancement, de Tangage, d'oſcillation du Navire, & on ne nous en a fait encore connoître que le nom. On prétend détruire efficacement un effet, & on ne remonte pas à ſa cauſe. Nous ignorons celle du Tangage, lorſque nous devons ſavoir qu'il eſt anéanti.

Le hazard auroit-il pû feconder l'intention des perſonnes, qui nous parlent ainſi? Cela pourroit être; mais nous devons ſagement en douter; & nous inſtruire de ce qu'il nous eſt permis d'en croire.

Par le mot de *Tangage*, on entend *Balancement* tout ſimplement dans le ſens de la longueur du Vaiſſeau. Ainſi de quelque façon qu'un Navire balançe dans ce ſens, il tanguera; & il peut balançer par trois cauſes

différentes; 1°. Par une force, qui fera incliner le Navire, & qui le livrera après à lui-même, comme ſi pluſieurs perſonnes de l'Equipage s'avançoient vers la Proüe du Navire & qu'elles vinſſent enſuite du côté de la Poupe; 2°. Par les *Houles* en le ſuppoſant amarré, ou même cinglant dans une Mer agitée; 3°. Par le choc du vent ſur les voiles. Il y a encore un balançement, auquel le Vaiſſeau eſt ſujet, qui eſt paralléle à l'horizon. Il ſe manifeſte lorſqu'on charge & qu'on décharge ſucceſſivement le Vaiſſeau.

A le prendre à la rigueur, ces Tangages & ſur-tout le deuxiéme ſont du reſſort de la Mâture, quoiqu'on n'ait eû encore égard qu'à celui, qui provient du choc du vent ſur les voiles. Il faut convenir néanmoins, que ce dernier en eſt l'objet principal, & c'eſt celui que nous avons ici en vûe; parce que c'eſt le ſeul dont la cauſe ſoit cachée, & le ſeul dont on veuille parler. Il eſt donc queſtion de le connoître, & de ſavoir ſi on peut en prévenir l'effet.

II.

Quelle eſt donc la cauſe Phyſique du Tangage? la voici: Le vent fait ou tend à faire incliner le Navire, & le vent n'eſt

autre choſe qu'un air agité. Or l'air étant un fluïde élaſtique, ne peut produire ſon effet tout d'un coup & dans un inſtant indiviſible ; c'eſt-à-dire, qu'un choc agit, enſuite un ſecond, puis un troiſiéme, un quatriéme &c. Mais il y a toûjours un intervalle entre l'un & l'autre choc, quoique très petit. La raiſon de cela eſt, que l'effet du vent eſt ſucceſſif, & non pas continu. Ces chocs agiſſent ſur les Voiles, juſques à ce qu'ils aïent ſurmonté la réſiſtance de l'eau, qui s'oppoſe au mouvement du Navire & qu'un certain nombre de chocs ait réparé le dégré de viteſſe, que cette réſiſtance avoit abſorbé à ſa maſſe totale. On appelle ces chocs ainſi réitérés *Bouffée*.

III.

Il faut donc une Bouffée, pour faire plonger la Prouë du Navire. Après ſon action, la force d'inertie, l'effort de l'eau ſur la Prouë, la pouſſée verticale de l'eau, qui a quitté celle du centre de gravité, agiſſent & le ſoulevent. Alors un ſecond Bouffée vient, qui le fait enfoncer de rechef ; & cette Bouffée ceſſant tout d'un coup, la Prouë eſt ſoulevée & la Poupe replonge ; juſqu'à ce qu'une troiſiéme Bouffée vienne à faire replonger la Prouë,

ainſi de ſuite. De ſorte que le Vaiſſeau cingle en balançant, quelque calme que ſoit la Mer ; parce que n'étant pouſſé que par ſecouſſe, il ne ſauroit ſe mouvoir autrement. Examinons ceci de plus près par rapport à la décompoſition des forces.

IV.

Une Bouffée agit, alors la Prouë incline, l'effort de l'eau ſur la Prouë ſouleve (je néglige la pouſſée verticale) ſelon la direction DR cette même Prouë, qui étoit plongée ; mais elle ne rencontre point le vent ſelon la direction SK; puiſqu'il a ceſſé pour faire place à une ſeconde Bouffée. Elle travaille donc toute ſeule à redreſſer le Mât & le Navire. Pendant ce tems, qui eſt très-petit, une ſeconde Bouffée vient lorſque l'eau n'agit plus & qu'elle a ſoulevé le Navire. Elle en fait encore replonger la Prouë. L'effort de l'eau la fait une ſeconde fois remonter & baiſſer la Poupe, &c. C'eſt ainſi que le Navire balance ; & on voit bien, que le vent ne peut jamais rencontrer l'impulſion de l'eau, pour ſe décompoſer.

V.

Je ſuis bien trompé, ſi l'on ne répond

à cela, que lorſque la premiere Bouffée tend à faire incliner le Navire, l'impulſion de l'eau ſur la Proüe s'oppoſe à cette inclinaiſon : elle l'empêche, elle ſe décompoſe avec le vent, pour ſoulever le Navire, qui ne tangue point. Suppoſé qu'on me faſſe cette réponſe, je repliquerai celle-ci. Quand le parallélograme, que doivent former les impulſions du vent & de l'eau, commence à paroître, il eſt détruit par l'effet ſucceſſif du vent. Ainſi, ſi la diagonale de ce parallélograme avoit lieu, le Navire ſeroit ſoulevé dans le premier inſtant, & il retomberoit dans le ſecond ; dans le troiſiéme, ſoulevement & chûte de la part du Navire ; de ſorte que le Navire danſeroit pour ainſi dire ; & ſi le vent étoit extrêmement rapide, cette danſe donneroit des ſecouſſes aux Marins, telles qu'on n'en a jamais éprouvé, & qui roient peut-être auſſi dangereuſes, que celles qu'on veut prévenir. Il y auroit cependant un Tangage paralléle à la Carene du Vaiſſeau.

VI.

Pour répondre à tout ; ſi l'effort de l'eau ſur la Proüe a empêché, que le Navire inclinât, pourquoi cet effort n'empêchera-t'il pas qu'il ne ſille ? D'ailleurs, de quel-

que façon, qu'on veuille le concevoir, l'effort de l'eau ſur la Prouë feroit reculer le Navire dans l'intervalle des Bouffées. Le Navire avanceroit donc un inſtant & reculeroit l'autre. Ou bien, puiſque le Vaiſſeau n'auroit pas encore perdu ſa ſituation horizontale, l'effort de l'eau, à cauſe de la ſaillie de la Prouë, la ſouleveroit, & la Bouffée qui viendroit après la feroit incliner. Et voilà toujours, de quelque façon qu'on conſidére la choſe, un Tangage, qu'il eſt impoſſible de prévenir.

VII.

Un Savant, à qui j'ai communiqué ces obſervations, craignit d'admettre l'effort ſucceſſif du vent ſur les voiles, & me fit une objection, que j'ai crû devoir placer ici.

Je fais réflexion, me dit-il, au mouvement d'une Barque traînée par un Cheval, qui trote uniformement le long d'un Canal ou d'une Riviere ; & je remarque, que la Barque fait route, ſans balancer, en direction d'une ligne droite : or l'effort du Cheval repréſente celui du vent ſur les voiles, & ſon effet doit être le même.

Cette comparaiſon cloche. Le trot du Cheval n'imitera jamais le choc du vent.

Que le Cheval aille ſon pas, qu'il trote, qu'il galope, la traction eſt toujours la même (abſtraction faite de la vîteſſe.) Le Cheval dans ſa marche tire la Barque avec un effort continu & dans des inſtans indiviſibles; au lieu, que le vent n'agit que par chocs & par bonds.

On pourroit admettre cette comparaiſon, ſi le Cheval, après avoir fait un effort capable de faire avancer la Barque, reculoit ſur le champ, comme fait l'air par ſon reſſort dans un inſtant, afin de laiſſer agir l'eau, qui la ſouleveroit, c'eſt-à-dire, qu'il avançât un inſtant, & qu'il reculât l'autre. Par ce moïen, le premier effort du Cheval feroit plonger la Barque, qui ſe redreſſeroit dans l'intervalle de celui-ci avec le ſecond. La Barque balanceroit alors, comme le Navire pouſſé par le vent. Ainſi la force du vent étant toujours la même, on voit bien, qu'il n'y a qu'un ſeul point dans le Mât dont la vîteſſe ſoit uniforme & en direction d'une ligne droite; que ce point par conſéquent eſt le centre ſpontané de rotation, où il faut placer l'hypomoclion du Mât. Ceci confirme la vérité de notre objection, & doit faire connoître, qu'il eſt impoſſible de la lever.

C'eſt en vain, que l'eſprit & le ſavoir ſe liguent pour ſoûtenir une mauvaiſe cau-

ſe. La vérité a toujours le deſſus. Je me flatte d'y avoir ſatisfait par ma réplique. Nous allons examiner de nouveau le mouvement du Vaiſſeau dans le cas du Tangage, & dans celui où le vent ne peut le faire ſiller, afin de convaincre entierement le Lecteur, & de le mettre en état de juger de la ſolidité de nos nouveaux principes.

§. VII.

L'hypomoclion du Mât, ſoit que le Vaiſſeau tangue, ou qu'il ne tangue point, n'eſt pas au centre de gravité du Vaiſſeau. Le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation.

I.

LORSQUE le Vaiſſeau eſt en repos, il eſt ſuſpendu ſur l'eau par deux forces; 1°. Par ſa maſſe totale, qu'on peut ſuppoſer réunie à ſon centre de gravité, par la verticale duquel il tend au centre des graves; 2°. Par la pouſſée de l'eau, qui agit dans un ſens contraire. Ces deux for-

ces ſont égales & dans la même direction, & ſe contrebalancent exactement. Delà il eſt évident, qu'on peut conſidérer un Navire à l'eau, comme un corps ſuſpendu par ſon centre de gravité; & ce qu'on peut dire de l'un s'applique naturellement à l'autre.

II.

En ſuppoſant un corps ſuſpendu en repos, il eſt certain, que toutes les parties de ce corps ſeront en équilibre autour du centre de gravité, qui tend continuellement au centre de la Terre, par une direction verticale. Si le corps change de poſition, par rapport à cette direction, il perd ſon paralléliſme, & le mouvement, qu'il reçoit, trouve une réſiſtance contraire à cette nouvelle direction.

Soit un corps OQ (*fig.* 2.) ſuſpendu par ſon centre de gravité G; CL la direction par laquelle il tend à deſcendre au centre de la Terre. Imprimons-lui un mouvement de bas en haut ſans nous écarter de la verticale CL. Nous aurons à vaincre l'inertie des parties, qui s'oppoſent à cette traction, dans une direction oppoſée à celle de la force motrice.

III.

Faiſons mouvoir ce corps différemment ; enſorte que ſa ſituation ne ſoit plus la même par rapport à la verticale CL, & que le corps inlcine. Si l'inertie de ſes parties s'exerçoit dans ſon centre de gravité, le corps reſteroit dans cet état, & ne feroit d'autre effort que de tendre au centre de la Terre dans cette ſituation. Cette indifférence de reſter dans cet état, ou dans l'autre, ſeroit encore plus ſenſible, ſi ſon centre de figure étoit préciſement le même que celui de gravité, & que le corps fût ſuſpendu par ce centre.

On comprend, ſans doute, qu'un pareil corps eſt un globe, dont la matiére eſt homogene & uniformément denſe, ou dont les parties, quoique non uniformément denſes, ſont diſtribuées de façon, que leur centre d'inertie tombe toujours dans ſon centre de figure. Tout autre corps retourne, lorſqu'il eſt incliné, avec un moment d'autant plus fort, que l'angle de ſon inclinaiſon eſt grand ; & ſon centre d'inertie, qui agit alors, hors le centre de gravité du corps, le fait balancer, juſques à ce qu'il ſoit confondu avec ce dernier.

IV.

Cela posé, il est manifeste, que lorsqu'on veut faire perdre à ce corps son parallélisme, toutes ses parties résistent à cette irruption, par leurs masses multipliées par leur distance particuliere, au centre de gravité. Divisons donc le corps en de petites parties M, N, P, Q, R, S, &c. Exprimons par D, E, F, G, H, I, K, &c. leur distance particuliere au centre de gravité. Nous aurons pour l'énergie de ces parties, ou pour l'effort avec lesquelles elles persistent dans leur état de parallélisme. S (M × D, + N × E, + P × F, + Q × G + &c.)

V.

Considerons maintenant le corps comme n'aïant point encore reçû de mouvement d'oscillation ; mais prêt à le subir. Avant cet instant, l'effort de ses parties étoit celui, que nous venons d'exprimer. Dès qu'on leur imprime un mouvement, elles acquierent une force, pour s'y opposer, proportionelle au quarré de la vîtesse imprimée. Il y a ici deux différentes forces, celle avec laquelle le corps persiste à garder son parallélisme, qu'on peut appellet

effort de permanence ; & celle avec laquelle il réſiſte au mouvement, qui peut être nommé *effort d'irruption.* Ce ſecond effort eſt plus grand que le premier.

Nommons *a* la vîteſſe initiale, que toutes les parties reçoivent, c'eſt-à-dire l'excès de la force motrice ſur celle de permanence que nous appellerons *b.* Cette vîteſſe ſera proportionelle à leur diſtance au centre de mouvement, qui ne peut plus être la même qu'elle étoit dans l'état de permanence. Et comme la force d'inertie des parties eſt exprimée par le produit de la maſſe, par le quarré de la diſtance au centre du mouvement du corps ; puiſque celle-ci eſt toujours la même, & que dans le cas l'expreſſion de l'inertie doit être plus grande, il eſt tout ſimple de conclure, que le centre d'inertie ne ſera plus au centre de gravité, & par conſéquent celui-ci ne ſera point le centre de mouvement, car cette diſtance doit-être proportionelle à *a* vîteſſe initiale. Pour trouver donc le centre d'oſcillation d'un corps, il n'y a qu'à trouver un point, ou un centre, qui ſépare la quantité de mouvement de ſes parties en raiſon compoſée des vîteſſes & de leur diſtance à ce centre, réciproquement proportionelles à ces mêmes vîteſſes.

VI.

Sans nous arrêter à donner ici la régle, qu'il faut faire pour avoir ce centre, nous nous bornerons à obſerver, que ce que nous diſons ici, pour le centre d'oſcillation, nous pouvons nous en ſervir, afin de faire voir, que l'hypomoclion du Mât, dans le cas du Tangage, n'eſt pas au centre de gravité du Navire ; puiſqu'il eſt démontré que l'inertie, que ces parties oppoſent, eſt proportionelle au quarré de la vîteſſe initiale, qu'elles reçoivent, & cette viteſſe à leur diſtance au centre de mouvement. Rendons ceci plus ſenſible. Je nomme *f* la puiſſance, qui agit pour mettre le corps en mouvement ; *a* le bras du lévier par lequel elle exerce ſon effort ; *x* la diſtance du centre de gravité au centre du mouvement, qui ſera égale à *o* s'il n'y en a point, & égale à quelque choſe s'il y en a une. On ſait déja, que la réſiſtance qu'oppoſe chaque partie eſt $S(M \times D, + N \times E, + P \times F, + Q \times G + \&c.) = S \times x$ en appellant S la ſomme abſoluë de tous les corps. On aura donc dans l'état d'équilibre $fa = S \times x = \frac{Fa}{S} = x$, ce qui fait voir que *x* bien loin d'être *o* = l'effort de la puiſſance diviſée par la ſomme des corps. Et ſi $\underline{S} = f$, on aura $x = a$. Ainſi

quand même le Navire ne tangue point ; il eſt toujours faux, que le vent le faſſe incliner avec un moment d'autant plus fort, que ſa diſtance au centre de gravité eſt grande ainſi que la crû M. *Bouguer*.

VII.

On démontre, que le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation, en faiſant évanouir les bras du lévier, & en mettant la puiſſance & les poids dans la même direction. L'effort, que les parties du Navire ou du corps oppoſent, eſt ſelon les Loix ordinaires de la Dynamique (en nommant c la diſtance particuliere d'une partie au centre de mouvement d la ſeconde e la troiſiéme ainſi de ſuite)

$$\frac{c^2 \times M, + d^2 \times N, + e^2 \times P, + \&c.}{(a + x)} = S\,x\,x +$$

la ſomme de toutes les parties multipliées par leur diſtance au centre de gravité diviſées par $(a + x)^2$ qui doivent être placées à un tel point que, les obſtacles, qu'elles oppoſeront, ſoit un *minimum*. Il n'y a donc qu'à prendre la difference de $x\,x\,S +$ &c. qui étant égalée à zero & la réduction étant faite donne

$$x = \frac{c^2 \times M, + d^2 \times N, + e^2 \times P, + \&c.}{a\,S}$$

Ce qui fait voir que le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation. (*V. M. Bernoulli*, P. 270. T. IV.

§. VIII.

Des différents effets du vent ſur le Navire, ſuivant la diſpoſition de ſa charge.

I.

LES vrais principes ſont toujours fertiles en conſéquences : celui-ci en fournit pluſieurs. 1°. Les oſcillations du Navire ſeront en raiſon inverſe des racines du vent ; (en ſuppoſant que le centre de rotation ne change point) 2°. comme celles des longueurs ; 3°. en raiſon inverſe des maſſes. Et enfin, lorſque toutes ces choſes varieront, le nombre des oſcillations ſera en raiſon compoſée de la raiſon directe des racines des longueurs, de l'inverſe des racines des maſſes, & de celle des racines du vent. Ces conſéquences ſont demontrées. Ce ſont ici les Loix ordinaires du Pendule.

Ces régles ſuppoſent, que le centre de rotation ne change point. Cette ſuppoſition eſt fauſſe ; & ſi nous voulons y avoir égard, comme nous le devons, il faut revenir ſur nos pas.

II.

Conſidérons un Navire, qui balance lorſque le vent vient à augmenter. Cet accroiſſement de force imprime à chaque petite maſſe du Navire un degré de plus de vîteſſe, qu'on peut regarder comme initiale, & par conſéquent, leur diſtance au centre de mouvement, qui eſt toujours proportionelle à ces vîteſſes, doit-être plus grande : donc le centre de rotation eſt plus élevé & le Pendule eſt plus court. Que s'enſuit-il ? Puiſque le Pendule eſt plus court, & que cette diminution croît en même raiſon que l'augmentation du vent, il eſt évident, que le nombre des vibrations augmentera en raiſon des racines des deux longueurs, (Art. 1.) c'eſt-à-dire, dans ce cas en raiſon des racines des efforts du vent, ces longueurs étant ici en raiſon de la force du vent.

Il paroît par-là, que lorſque le vent augmente, les oſcillations devroient être plus fréquentes, parce que le Pendule ou la diſtance du centre de l'effort des voiles à l'hypomoclion eſt plus courte. Mais, ſi le nombre des oſcillations eſt plus grand, parce que le Pendule eſt diminué, il doit être auſſi d'un autre côté moindre, le Pendu-

le étant agité par une plus grande force, & cette diminution eſt en raiſon des racines des efforts du vent. De ſorte qu'on perd d'un côté, ce qu'on gagne de l'autre. Le nombre des oſcillations doit donc être toujours le même. Il arrive pourtant un changement dans le mouvement du Navire ; & cet excès de force de la part du vent doit produire quelque effet.

III.

L'effort du vent ou la cauſe motrice eſt plus grande, & la longueur du Pendule eſt moindre. Avec tout cela, nous ſavons, que les oſcillations doivent être en même nombre dans un même tems. L'arc, que l'extrémité du Mât décrit alors, doit être plus grand, afin que les oſcillations ſoient toujours iſochrones : l'effet du vent doit donc produire une plus grande inclinaiſon, & faire plier davantage le Navire ſous les voiles. C'eſt ce qu'on a reconnu lorſque le vent augmente.

IV.

Les Marins, pour remédier à cet inconvénient, ont recours ordinairement à un moïen : c'eſt de mettre des Piéces d'artillerie au fond de cale, ou de charger plus

bas le Navire ; & comme s'ils étoient inſtruits de nos principes, ils penſent, qu'en allongeant le Pendule (ou la diſtance du centre de l'effort des voiles au centre de mouvement) l'arc, qu'il décrira, ſera moins grand & de-là l'inclinaiſon du Navire. Il réſulte cependant de ce changement un effet, qui ne paroît pas naturel. Les oſcillations du Vaiſſeau, au lieu d'être plus lentes, ſont au contraire plus promptes. Quelle peut-être la cauſe de cette contrariété ? Ceci mérite attention.

V.

Juſqu'ici nous avons ſuppoſé, que les oſcillations du Navire ſe faiſoient dans un milieu non réſiſtant. On a déja remarqué, que cette ſuppoſition n'eſt pas admiſſible par rapport à l'air & que ſuivant les cas il eſt très-important d'avoir égard à la réſiſtance, qu'il oppoſe. Si cette réſiſtance fait beaucoup au mouvement du Pendule, que ne doit pas faire l'eau, qui eſt 576. fois plus denſe ? Déja on doit ſentir qu'elle eſt la cauſe, que nous cherchons.

On l'a dit : plus le Pendule eſt court, plus la rotation eſt grande : mais plus la rotation eſt grande, plus le Navire ſort de l'eau ; parce que la Poupe eſt plus ſoulevée;

de façon qu'il trouve alors moins de réſiſtance à vaincre, & l'effet du vent en eſt moins retardé.

Lorſque le Pendule eſt plus long, le Navire eſt moins ſoulevé, & la réſiſtance, qu'il trouve alors dans ſes oſcillations, eſt plus grande, non-ſeulement, parce qu'elles ont un plus grand volume d'eau à déplacer; mais encore parce qu'elles trouvent une réſiſtance proportionelle au quarré de la vîteſſe imprimée au Navire.

D'où il ſuit, que l'obſtacle étant plus grand, une partie de l'effort du vent en ſera abſorbée : donc l'arc, que le Mât doit décrire par la rotation ſera moindre. Les oſcillations ne ſeront point ainſi iſocrones aux précédentes : elles ſeront de moindre durée.

VI.

Cette connoiſſance annonce en quelque ſorte, celle que nous cherchons à nous procurer. Nous venons de laiſſer à part l'effort du vent abſorbé par la réſiſtance de l'eau. Cet effort fait ici beaucoup. Il rend le choc du Navire plus violent, qui par réaction le repouſſe avec plus de force. Or ce choc produit un effet, qu'on ne doit pas paſſer ſous ſilence.

Une Bouffée agit, le Navire eſt pouſſé

& repouſſé avec violence ſur le devant. Dans ce tems-là vient une ſeconde Bouffée, qui, pour pouſſer le Navire en arriere, a encore le mouvement contraire imprimé par l'eau à vaincre : d'où il ſe forme à chaque inſtant des ſecouſſes, qui tourmentent le Navire. Une autre raiſon contribuë à les rendre plus fréquentes. La Poupe aïant une ſaillie en dehors, le centre d'effort de l'eau, lorſqu'elle eſt plus plongée, ſe trouve plus élevé, & cela à un point où la ſaillie eſt plus grande.

Qu'arrive t'il ? L'eau pouſſant la Poupe, ſelon une ligne, qui lui eſt perpendiculaire, la ſouleve davantage qu'elle ne l'auroit ſoulevée ſi elle avoit été moins plongée. Ce ſoulevement fait incliner la Prouë, qui, poſée obliquement ſur la Quille, eſt relevée avec plus de force. Pendant ce mouvement, une autre Bouffée pouſſe la Poupe dans un ſens contraire à celui, que le choc de l'eau ſur la Prouë lui a fait prendre. Elle accélere la tourmente du Navire; enſorte que ſi cette accélération augmente à un certain point, les deux efforts conſécutifs ſur la Prouë & ſur la Poupe ſouleveront le Navire, & lui feront faire *Capot*. Une charge au fond de cale trop conſidérable produit cet effet. Le Pere *Hoſte*, rapporte, qu'un habile Commandant en fit de

ſon tems la triſte expérience. Nous allons rendre ceci plus clair & plus ſenſible, en expliquant de quelle maniere le Vaiſſeau cingle en balançant.

§. IX.

Comment un Vaiſſeau balance & cingle en même tems. De la cauſe de ce dernier mouvement. Principes généraux & Plan d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

I.

ON a crû juſqu'ici, que le vent faiſoit cingler le Navire. On a eû raiſon & on a eû tort. Le vent eſt bien la cauſe premiere du mouvement du Vaiſſeau ; mais c'eſt l'eau qui le fait avancer, & c'eſt par ſon action qu'il fait route. J'avance peut-être un paradoxe, & je vais prouver une vérité.

Le vent tend à faire tourner le Mât au pied duquel le Navire eſt comme attaché. Le vent tend donc & fait même reculer le Vaiſſeau, bien loin de le faire avancer.

Ce n'eſt donc point par ſon effort, qu'il fait route, dans une direction oppoſée à celle du vent. Au contraire : s'il étoit poſſible, que le Vaiſſeau fût ſuſpendu ſur un fluide infiniment fluide, infiniment diviſible, non réſiſtant, une ſeule Bouffée le pouſſeroit dans un ſens contraire à ſa direction. Cela eſt certain & démontré.

Par l'action du vent, la Poupe eſt choquée, & par réaction (après l'effet de la Bouffée) repouſſée. Cette réaction égale à l'action, fait cingler le Navire en même tems qu'il balance. On ſait, que les premieres Bouffées font accélérer la marche du Navire, juſques à ce que ſa vîteſſe ſoit parvenuë à un tel point, que la réſiſtance de l'eau faſſe équilibre à toutes les Bouffées, & qu'elle s'oppoſe avec la même force à leur effort, qu'elles font impreſſion ſur le Vaiſſeau. En vertu de ce dernier mouvement acquis, le Navire fait route avec une vîteſſe uniforme, & ſes oſcillations ſont alors iſochrones.

II.

De cette vérité il en naît deux autres. 1°. Un Vaiſſeau ne peut faire route horizontalement, comme M. *Bouguer* l'a avancé. 2°. Plus un Vaiſſeau eſt long, ou plus ſa charge conſidérée dans la longueur du

Navire eſt éloignée du centre de gravité, plus l'effort du vent doit être grand pour le faire ſiller. La diſtribution de la charge ne ſauroit être trop bien ménagée à cet égard. En chargeant trop vers la Prouë & vers la Poupe, difficilement le Navire prend mouvement de rotation, & par réaction il en cingle moins. Si l'on reſſerre la charge vers le centre de gravité, on riſque, que le Vaiſſeau plie trop ſous les voiles, parce qu'il réſiſte moins à l'effort du vent. Il eſt donc très-important de ſavoir prendre un juſte milieu. Voilà pour *l'Arrimage* de Prouë à Poupe.

III.

Il ne ſuffit pas de bien diſtribuer la charge ſelon la longueur du Navire : il faut encore avoir attention à ſa hauteur. Car, il eſt viſible, par les principes établis, qu'il eſt également dangereux de charger le Vaiſſeau trop bas & de le charger trop haut. L'un & l'autre excès eſt très-nuiſible. On a à craindre d'un côté le *capot*, & de l'autre un Rouli trop rude.

IV.

Il y a tout à ménager dans l'Arrimage. Il eſt évident, que c'eſt lui, qui régle & la marche & le Tangage du Vaiſſeau.

Suivant notre Théorie, il faudroit varier la diſtribution de la charge, ſuivant les diverſes circonſtances. Ce ſeroit là un grand embarras. Mais comme cette diſtribution doit ſe régler ſuivant les différens efforts du vent, pour s'épargner cette peine, il n'y a, qu'à régler ſes efforts ſuivant la diſtribution ; ce qui fera le même effet ; & on jouïra par-là des mêmes avantages, que ſi l'on bouleverſoit toute la charge du Navire. Il eſt vrai, que dans différens cas, cas extrêmes, lorſque ces moïens ne pourront pas ſuffire, on aura recours à l'autre.

V.

Nous ne nous propoſons pas de développer les régles, qu'on doit ſuivre, la force du vent étant connue, la diſtribution de la charge d'un Vaiſſeau, ainſi que ſon poids, pour rendre le mouvement du Vaiſſeau le plus propre à bien ſiller, & le moins dangereux par le Rouli & le Tangage. C'eſt-là le plan d'une partie de la Théorie, que nous méditons. Nous nous contenterons de poſer ici en attendant quelques principes généraux, qui ſeront utiles.

1°. *Plus un Navire eſt long, plus il eſt peſant de Voiles* (en ſuppoſant ſa charge toujours également diſtribuée.)

2°. *Plus le centre de gravité du Vaiſſeau eſt élevé, plus il plie ſous les Voiles. Moins il eſt élevé plus il tourmente.*

3°. *Plus un Navire eſt chargé, plus il porte de Voiles ; en raiſon, comme on a vû, des racines des maſſes, ſelon les Loix du Pendule.*

4°. *Plus le vent eſt violent, plus le Vaiſſeau plie ſous les Voiles ; en raiſon des racines de la force du vent ..... &c.*

VI.

En attendant que nous dévelopions ces principes, les Marins peuvent en faire uſage. Lorſque le Vaiſſeau pliera trop ſous les Voiles, il n'y aura qu'à le charger plus bas ; deſcendre au fond de cale, quelques marchandiſes ou quelques Pieces de Canon; ou ce qui vaut peut-être mieux, abbaiſſer le centre d'effort des Voiles, ou diminuer leur ſurface. Lorſqu'il tourmente trop, faire le contraire. Si l'on veut accélérer le ſillage, il faudra réunir la charge au centre de gravité du Navire, ſuppoſé, qu'il ne plie pas trop par l'effort du vent ; & ſi cela eſt on éloignera alors les parties de la charge de ce centre. Ainſi toute la ſcience d'une partie de la Mâture ſe borne à ſavoir prendre un juſte milieu, entre plier trop & ne plier pas aſſez.

VII.

Après ces conſidérations, on ne ſera plus étonné ſur Mer, de voir le changement conſidérable, ſoit dans les oſcillations, ſoit dans le ſillage du Navire, que produit le moindre dérangement, que l'on peut faire à la diſtribution de ſa charge; & s'il ne faut ſouvent à un Vaiſſeau fin de Voiles, que le mouvement, ou le changement de lieu de quelques perſonnes de l'Equipage, pour le faire ou ſiller, ou balançer davantage. L'Arrimage fait preſque tout. La figure y fait auſſi; car plus la Poupe oppoſe une grande réſiſtance, plus le Navire cingle.

VIII.

Depuis long-tems, les Marins s'apperçoivent que l'art de charger un Navire eſt un grand Art. Par le tâtonnement, ils tâchent à le découvrir. Ils réuſſiſſent quelquefois aſſez bien; mais le plus ſouvent ils hazardent beaucoup & leurs expériences leur ſont nuiſibles.

Le Chevalier *Goion*, Homme d'eſprit, grand Marin, étoit heureux dans ces tentatives. A force de bouleverſer l'Arrimage, il tiroit quelquefois parti du plus mauvais

Voilier

Voilier. Ces coups heureux paſſoient pour des connoiſſances certaines ; & on a même dit après ſa mort, que malheureuſement cet Art lui étoit particulier. Contens de cette preuve, non-ſeulement les Marins, mais des Géométres, ont penſé tout bonnement, que la plûpart des peines de cet Officier, ſe bornoient à une certaine diſpoſition du centre de gravité. Hors de-là, tous les effets, dont on a pû rendre raiſon, ont été fort cavalierement ſuſpectés. Eh ! pouvoit-on en aſſigner les cauſes ; faire obſerver les effets, qu'on ne connoît pas, & donner des régles ſûres, pour l'Arrimage, en ignorant la façon dont ſe forme le Tangage, & l'Agent véritable du mouvement du Navire ? Sans ces connoiſſances, il étoit impoſſible qu'on y parvînt.

IX.

Les principes généraux, que je donne ici, ſont les fondemens d'une nouvelle Théorie de la Mâture. L'exécution de mon projet eſt très-compliqué. Le grand point eſt de découvrir le centre ſpontané de rotation du Mât, & cela eſt bien difficile. Une ſemblable recherche tant Géométrique que Phyſique, eſt très profonde ; & ſi l'on joint à ceſte étude celui d'établir une

Théorie, & d'apliquer cette Théorie à la pratique, on comprendra, qu'un pareil travail ne doit s'entreprendre, qu'après, que le Public aura admis ces nouveaux principes. C'eſt pourquoi, comme l'importance de la matiere le demande, & que les avantages, qu'on promet ſont grands, quoiqu'on ne les expoſe pas tous, on ne ſauroit examiner avec trop de rigueur mes preuves. Je prie les Savans de porter leur jugement.

Si mes principes ſont reçûs, comme je l'eſpere, je réduirai tout mon Ouvrage en Théorêmes, ſuivis de Problêmes, & je tâcherai de calculer une Table, par laquelle la force du vent étant donnée, depuis un effort capable de faire tourner un Navire, juſques à celui où il doit faire capot, on aura le véritable port des Voiles, & la hauteur du centre de leurs efforts, afin que le Navire ſubiſſe la rotation néceſſaire pour le faire ſiller le plus avantageuſement, qu'il eſt poſſible. Dans une colonne particuliere, je joindrai le nombre d'oſcillations, ſuivant les dégrés de force du vent, le tems étant donné.

X.

Pour donner une idée du reſte de ma Théorie, je déterminerai la poſition des Mâts, ſur le Vaiſſeau, & je ferai voir leur

uſage, ſur tout, lorſque la Mer eſt fort agitée, où il eſt important de conduire le Navire avec une grande circonſpection. C'eſt-là que le Gouvernail doit agir. Son jeu, qu'on n'a pas encore examiné, y eſt admirable, & ſes effets d'accord avec ceux des Mâts, peuvent éviter des malheurs fréquens, qu'on éprouve ſur Mer & qu'on attribuë quelquefois à un tems, contre lequel on penſe, qu'il eſt impoſſible de ſe garantir. Tel eſt notre aveuglement. Nous rapportons au Créateur, ce qui n'eſt ſouvent que l'effet des Cauſes ſecondes. Dès qu'on ſaura l'Art de *manier un Vaiſſeau*, & de le faire obéïr aux mouvemens des vagues, quelques irréguliéres, qu'elles puiſſent être, on reconnoîtra, que la plûpart des naufrages ſont dûs à l'impéritie des Marins. Il eſt étonnant, que les Géométres, qui ont travaillé ſur la Marine n'aïent point donné des régles, pour faire garder à un Vaiſſeau ſon paralléliſme, & n'aïent point connu l'eſpéce de *Manege* qu'on doit faire pour cela, malgré les Houles les plus orageuſes. Je me propoſe d'examiner cette matiere, ſi mon zéle eſt acceuilli favorablement par le Public, Marin & Géométre; & j'y joindrai un examen de la courbure la plus avantageuſe de la Voile; car on ſait, qu'une trop grande & une moindre

eſt également défectueuſe. C'eſt à lui à demander cet Ouvrage & à juger de ſon utilité : il peut compter dans l'exécution ſur mes ſoins & ſur mon exactitude.

§. X.

Réponſe aux reflexions critiques de M. BOUGUER, ſur la nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux, à la portée des Pilotes.

I.

MONSIEUR *Bouguer*, à la page 387. de ſon Traité du Navire, prétend lever une objection, que j'ai faite à la méthode, qu'il propoſe dans ſon Traité de la Mâture, pour connoître l'axe de l'impulſion de l'eau ſur la Prouë. * J'ai cru cette méthode élégante; mais je l'ai trouvée peu ſatisfaiſante dans la Théorie, & trop compliquée pour la pratique.

L'opération Théorique conſiſte à diviſer la Prouë en pluſieurs zones infiniment petites, & chaque zone en des parties auſſi

* Voyez ma Théorie de la Manœuvre &c. P. 80.

infiniment petites. On cherche l'impulſion de l'eau ſur chacune de ces parties, qui étant intégrées & multipliées par la largeur de la zone, donnent l'impulſion de l'eau ſur la zone entiere. Il ne reſte après cela, qu'à intégrer toutes ces zones, & on a l'effort de l'eau ſur toute la ſurface de la Prouë, d'où il eſt aiſé après de trouver l'axe, par le principe ordinaire de Statique.

Cela eſt beau ! Il eſt fâcheux, que les différentielles, qu'il faut intégrer, ne ſoient pas intégrables. Oüi, ce travail n'a d'autre utilité, que de donner une idée confuſe de ce qu'on cherche, comme je l'ai déja remarqué.

II.

Pour la pratique, l'opération en eſt trop longue, pour pouvoir en inſtruire le Lecteur. Je le renvoïe abſolument au Traité, de la Mâture p. 128. & du Navire. p. 387. de M. *Bouguer*, & je ſouhaite qu'il en ſoit ſatisfait, malgré ma fermeté à ſoutenir le contraire. J'obſerverai ſeulement, que je doute fort, que l'impulſion de l'eau, connuë pour une ſeule route, ſuffiſe dans la pratique pour toutes. En l'accordant, je penſe encore de bonne foi, que cette Méthode eſt bien longue ; & je crains fort, qu'on puiſſe en retirer l'utilité dont on nous flatte.

» Quand même, dit l'Auteur, (p. 396.) » il ſeroit néceſſaire d'entreprendre pour » pluſieurs routes toutesles opérations, que » nous venons de preſcrire, je ne crois pas » qu'on puiſſe nous objecter leur longueur. » Je ne l'objecte point cette longueur. L'objection eſt toute de M. *Bouguer*, & il n'y a qu'à lire la p. 428. du Traité de la Mâture, que j'ai déja cité dans ma Manœuvre, pour s'en convaincre. Au reſte, eſt-ce que les avantages, qu'on doit retirer d'un travail, en diminuent la peine ? Le travail & la fatigue reſtent toujours. Seulement, l'eſpérance du profit donne du courage, & rend en quelque ſorte la peine plus ſupportable. Ce raiſonnement, où l'on s'eſt écarté des régles de la dialectique, ne prouve pas auſſi, qu'on doive préférer cette voïe, (en la ſuppoſant pratiquable) pour ſe procurer ces avantages, s'il en eſt d'infiniment plus ſimples. Qui eſt l'Homme, qui pourroit penſer ainſi ? Il paſſeroit pour inſenſé.

III.

On me donne, à la ſuite de cette réponſe, un avis, dont je fais trop de cas, pour le paſſer ſous ſilence. » Qu'il me ſoit » permis, dit M. *Bouguer*, de repréſenter » à l'Auteur, qu'on ne perfectionne point » un Art en ſubſtituant des principes faux, » à des principes vrais, &c. «

Depuis ce conſeil, j'ai lû, & ai fait examiner mon Ouvrage, pour découvrir les erreurs dont on me taxe un peu légerement, ce ſemble, mais je l'avouë ingénuement : ni les lumieres de mes Cenſeurs, ni mes réflexions n'ont rien pû me faire connoître. Seroit-ce parce que j'ai pris comme M. *Pitot*, le point d'apui de la Rame dans l'eau, & que j'aurois dû le prendre ſur le Bateau, comme le prétend (après *Ariſtote*) M. Bouguer ? Lorſque je compoſois mon Chapitre ſur la Rame, qui eſt le cinquiéme de mon Livre, j'avois fait mûrement (nonobſtant l'autorité du Célébre M. *Pitot*) cette réflexion ; & ce vieux ſentiment me parut une vieille erreur. Le détail, dans lequel je ſuis entré, pour faire voir, que la Rame peut être conſidérée comme un levier du ſecond genre, qui a un point d'apui fixe, auroit dû le faire connoître. D'ailleurs, les raiſons, qu'on allégue, ne me paroiſſent pas ſuffiſantes, pour me faire changer d'avis. Et on me permettra de croire, que je ne me trompe point en le ſoutenant.

S'il y a quelqu'autre propoſition dans mon Ouvrage, qu'on croïe fauſſe, on me fera plaiſir de me l'indiquer. Il eſt tems, qu'on parle à découvert. Les eſprits commencent à ſortir de leurs préventions & à voir clair. On examine, on juge, on a jugé.

De la même façon, que j'ai diſcuté les principaux fondemens de la Mâture, j'analyſerai ceux de la Manœuvre, ſi on le juge à propos.

IV.

Un Ouvrage, qui eſt appuïé ſur de faux principes, eſt un Ouvrage peu digne de voir le jour, & de nulle utilité. Le mien, ſi l'on en croit ce qui ſuit dans cette Note, eſt encore plus mauvais. * Outre la fauſſeté, j'ai paſſé, dit-on, à côté des difficultés. Entend-on par-là que je les ai applanies? Et appelle-t'on cela, paſſer à côté des difficultés, & ne pas perfectionner un Art? Si cela eſt, je m'en rapporte au Lecteur, pour décider de quel côté eſt l'erreur. Si on entend autre choſe, je n'ai pas l'Art de deviner, & il me ſemble, qu'on ne pouvoit éxiger davantage d'une Théorie de la Manœuvre, que de donner des moïens de bien orienter les Voiles; de ſituer avantageuſement le Gouvernail; de déterminer la vîteſſe du Vaiſſeau, ſuivant les differens airs de vent, ſuivant ſes differentes forces, ſuivant les differentes ſurfaces des voiles, & leurs differentes Voilures. Qu'on joigne à cela les problêmes, qui ſuivent ces propoſitions, & on verra, que les perſonnes même, qui ont le plus approfondi cette

* On dit communément : *Qui nimis probat nihil probat.*

matiere, n'ont pas été ſi loin.

Tout cela a été exécuté, ſans admettre aucune fauſſe ſuppoſition, & par des voïes aiſées, & intelligibles aux perſonnes initiées dans les ſimples élémens de Mathématique & de Pilotage. On cenſure cette méthode ! Quel goût ! Ce qui eſt ici un ſujet de blâme, en ſeroit un d'éloge, ſi mon travail pouvoit en être digne & en mériter par quelqu'endroit.

V.

Autre ſujet de reproche. J'ai négligé des conditions eſſentielles. Je n'ai pas voulu faire uſage des Tables & cependant les Tables, ſont d'un uſage plus commode que les opérations *Numériques* ou *Graphiques*. Cela eſt vrai. Ai-je jamais penſé autrement ? Dans ma Théorie, je me ſers des Tables, pour orienter les Voiles. A la p. 96. de mon Livre, j'exhorte très-fort les Marins à en compoſer ſur la figure du Vaiſſeau, ſuivant la méthode, que je leur ai propoſée. Je dois convenir cependant, que je n'ai pas crû devoir me ſervir de celles où l'on ſuppoſe, que le Navire eſt un ſegment de cercles, comme a fait M. *Bouguer* après pluſieurs Auteurs. Quelque grande que ſoit l'eſtime, que j'ai pour le travail & l'intelligence, qui regnent dans ces Tables, j'ai

voulu avoir égard à la propre figure du Vaiſſeau ; & je n'ai ſuivi dans mon idée que celle du grand *Bernoulli*, qui a déſiré, qu'on y eût attention. C'eſt ainſi, qu'il s'explique dans ſa Théorie de la manœuvre.

» Je donne, dit ce ſublime génie dans » ſa Préface, à ce petit Traité, le Titre *d'eſ-* » *ſai d'une nouvelle Théorie de la Manœuvre* » *des Vaiſſeaux* ; car enfin ce n'eſt qu'un eſ- » ſai, & je reconnois très-volontiers, qu'il » s'en faut beaucoup, que cette nouvelle » Théorie ne ſoit complette, auſſi n'en » verra-t'on jamais, qui le ſoit, vû les dif- » ficultés preſque inſurmontables, qu'on ren- » contre lorſqu'on veut emploïer les véri- » tables principes de cette ſcience, & *con-* » *ſiderer la propre figure du Vaiſſeau, conſi-* » *dération d'où dépend pourtant la perfection* » *de cette Théorie.*

Les difficultés, dont M. *Bernoulli* veut parler, ſont celles qu'on rencontreroit, ſi l'on vouloit emploïer à cette fin, des moïens purement Géométriques ; & il eſt certain, que la figure irréguliere du Navire jetteroit un Mathématicien dans un grand travail peut-être infructueux. Il ne reſtoit, que des voïes mécaniques, pour avoir égard à cette figure, & ce ſont ces voïes, dont je me ſuis ſervi au défaut des autres.

VI.

On dit, malgré tout cela, que *j'ai négligé quelques-unes ou pluſieurs des conditions les plus eſſentielles.* Quelques-unes ou pluſieurs ! Je ne puis rien répondre à cela ; parce que je ne réponds qu'à des faits, & tout ceci eſt dénué de preuves. Il me ſemble, que ce cortége eſt néceſſaire, lorſqu'on accuſe quelqu'un de s'être trompé, & que c'eſt bien préſumer de ſoi-même, que de ſe flatter, qu'on puiſſe perſuader autrement. Par exemple, ſi je voulois faire le reproche à M. *Bouguer*, qu'il me fait, je dirois, que ce Savant, dans ſon Traité de la Mâture, a négligé les Houles; qu'il a ſuppoſé la Mer toujours calme, quoiqu'elle ſoit toujours agitée, & qu'on doit avoir égard à ſon agitation ; qu'il a avancé en conſéquence, qu'on pouvoit augmenter la ſurface des Voiles & la longueur des Vergues ſans rien craindre, je ne dis pas à l'infini, comme il l'aſſure, mais du double ſans faire attention, que le poids énorme de ces Vergues feroit échoüer le Navire ; & ſelon les principes de l'Auteur, en ſuppoſant la Mer calme, le *Métacentre* paſſeroit le point où le Vaiſſeau doit verſer dans le Port même. Par-là, je prouverois évidemment, que M. *Bouguer* auroit négligé dans ſon Traité de la Mâture deux conditions eſſentielles,

l'agitation du Navire par les *lames*, & le point véritable du Métacentre. *

* Pour juſtifier ma conduite dans ma Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux, j'aurois pû faire à M. *Bouguer* une réponſe plus courte & plus *tranchante*. Dans le Mercure de Janvier de cette année p. 67. cet Académicien m'a objecté l'autorité des Journaliſtes de Trévoux; afin d'appuier ſon principe de la Mâture, que j'ai refuté, parce qu'il le croïoit à ſon avantage. On verra ci-après le ſentiment des Journaliſtes expliqué. A ſa critique, n'aurois-je pas dû oppoſer les ſuffrages de ces Juges éclairés bien capables de me conſoler de la perte du ſien, ſi je le priſois moins, & me borner à cette réponſe? Voiez le Journal de Trévoux du mois d'Avril.

ADDITION.

I.

DEPUIS l'impreſſion de cet Ouvrage, M. *Bouguer* a publié dans le Mercure de Janvier de cette année une ſeconde réponſe à mon objection, qui n'eſt au fond, qu'une extenſion de la premiere; puiſque l'Auteur ſe retranche toujours ſur l'équilibre, que j'ai détruit ci-devant. Quoiqu'elle donne priſe, malgré cela, à une ample réplique, je me bornerai cependant à la ſuivante, par laquelle je n'ai en vuë, que les principaux articles, qui concernent notre diſpute. J'évite avec grand ſoin, tout ce qui n'y a qu'un rapport indirect; & je veux bien ſacrifier même juſqu'à ma propre juſtification & au plaiſir, que je pourrois avoir de convaincre la plûpart des raiſonnemens de M. *Bouguer* de foibleſſe, pour ne rien dire de plus, à celui de faire voir, par ma réticence, avec quelle attention je ménage un Académicien, pour lequel j'aurai toujours des égards, malgré ſa façon d'agir (qu'il me permette de le dire) un peu dure envers moi. *

* *Satius eſt quædam cauſæ detrimento tacere, quàm verecundiæ damno dicere.* Seneque.

II.

M. *Bouguer* m'oppoſe d'abord l'autorité du Journaliſte de Trévoux du mois d'Août de l'année derniere, qu'il préſume lui être favorable. Selon lui, l'Auteur du Journal, *après avoir mûrement péſé les circonſtances de la diſpute*, a crû, que j'étois (*malgré mes prétenduës objections*) de l'avis même, que je combattois. L'Académicien ſouhaiteroit fort pouvoir ſe borner à cette réponſe *ſi tranchante*. C'eſt-à-dire qu'il ſouhaiteroit fort être de mon avis ou que je fuſſe du ſien. L'un de ces deux cas pourroit bien arriver, & j'eſpere beaucoup pour le premier.

Mais qu'eſt-ce que dit réellement le Journaliſte? On lit, dans le Journal cité, (Mémoires pour l'Hiſtoire des ſciences p. 1645) » M. Saverien pourroit bien vouloir dire » la même choſe, lorſqu'il met cet appui, » où ſe coupent les deux directions du ba- » lancement du Vaiſſeau. « Selon pluſieurs perſonnes, ce jugement ne fait ni pour M. *Bouguer* ni pour moi. Cependant, ſi on l'en croit, on a entendu par-là, 1°. Que dans mon objection, je ne fais pas aſſez d'attention à tout; 2°. Que je parts d'un principe peu certain; 3°. Que mes objections ne ſont

nullement fondées. (Mercure de Janvier p. 66.) Je l'avouë ingénuement : je n'aurois jamais crû, (Eh, qui l'eût jamais deviné !) que des expreſſions ſi claires dans le fond & en ſi peu de mots euſſent une ſi grande ſignification. Je penſois, que le Journaliſte avoit voulu dire, que le point de concours du balancement pouvoit bien être dans le centre de gravité du Navire, ſans vouloir s'expliquer davantage. Deſorte qu'il ne s'agiſſoit plus, que de prouver, que le point de concours ne pouvoit dans aucun cas être au centre de gravité du Vaiſſeau, pour gagner entierement le ſuffrage du Journaliſte, qui paroît déja en ma faveur.

Le Lecteur comprend bien, que le ſens, qu'on a donné à ces paroles, n'eſt nullement le véritable. D'ailleurs, ſi on avoit voulu dire, que je parts d'un principe *peu certain*, M., *Bouguer* y perdroit autant que moi; puiſqu'il conjecture, comme on vient de voir, que nous ſommes dans le même ſentiment, ce qui ſignifieroit en bon françois, dans la même erreur. En ſecond lieu, ſi je parts d'un principe *peu certain*, eſt-il raiſonnable, que le Journaliſte ait dû ajoûter » cela ne » doit pas empêcher M. Saverien de donner » le Traité de la Mâture, qu'il nous fait eſpe- » rer? « Le beau Traité que celui, qui auroit pour fondement un principe *peu certain!*

Qu'il ſeroit utile ! En vérité, & peut-on interpréter ainſi le ſentiment du Journaliſte ? J'en appelle au jugement du Lecteur. N'étoit-il pas plus ſage de penſer, qu'il n'a pas voulu prendre parti dans cette diſpute ?

Je dis plus : ſi l'on peut déterminer le ſens du Journaliſte, je prétends, qu'il eſt en ma faveur. Je le prouve : j'ai avancé dans ma nouvelle Théorie de la Manœuvre, que je ne publierois mon nouveau Traité ſur la Mâture, qu'au cas, que les Savans termineroient le differend, qui eſt entre M. *Bouguer* & moi, à mon avantage. L'Auteur du Mercure, en rendant compte de mon Livre, l'avoit annoncé de même. (Mercure de Fevrier 1746. p. 109.) Après cela, demander un ouvrage, qu'on ne promet de publier, qu'à condition, qu'on reconnoiſſe pour vrai un principe, qui doit en être le fondement, n'eſt-ce pas l'admettre ? Je demande pardon au Journaliſte ; diſons mieux aux Auteurs du Journal de Trévoux, ſi je prends la liberté de dévoiler un jugement, qu'il y a tout lieu de croire, qu'ils ont voulu tenir caché.

III.

On lit enſuite dans la réponſe de M. *Bouguer* un expoſé de mon ſentiment, qui n'eſt

n'eſt pas le mien. A la page 71. du Mercure de Janvier, M. *Bouguer* prétend, que j'ai prouvé, ou du moins que j'ai entrepris de le faire, *que le point d'apui du Mât eſt ſitué à une hauteur conſidérable du Vaiſſeau.* Oſerois-je demander à l'Académicien, l'endroit dans lequel j'ai formé cette entrepriſe? Vainement, je l'ai cherché dans mon Livre & dans ma réponſe à la Lettre de M. de *Genſane*, inſérée dans le Mercure de Novembre de l'année derniere, & qui a occaſionné celle de M. *Bouguer*. Au contraire, dans le Mercure de Novembre p. 51. après avoir expliqué mon ſentiment à M. *de Genſane*, qui avoit fait la même faute dans laquelle M. *Bouguer* eſt tombé, je dis: » le point de con-» cours de balancement eſt très difficile à dé-» terminer. Il faudroit connoître pour cela le » point où ſe concentre la force mouvante. » En examinant tout ce que j'ajoute dans cet Ecrit, je ne conçois pas comment on peut ſe méprendre par rapport à mon Principe. On l'a vû dévelopé dans cet Ouvrage, bien différemment, que M. *Bouguer* ne l'expoſe. Je me flate que le Lecteur eſt détrompé. Néanmoins, je ne crains pas de le répéter en le mettant ici ſous ſes yeux. Je dis donc, que l'hypomoclion du Mât dans le cas du Tangage eſt: *Au centre ſpontané de rotation, c'eſt-à-dire, à un point*

fixe, tandis que toutes les parties du Mât & du Navire ſont en mouvement, & duquel point l'endroit du Mât, où ſe concentre la force mouvante & celui où s'exerce la puiſſance, qui eſt ici repreſentée par le vent, décrivent des Arcs, dont le point d'apui, qui en détermine les rayons, eſt le centre.

Après cet expoſé de mon Principe j'eſpere, que M. *Bouguer* ne dira plus, que *je place le centre de rotation vers le même endroit où je place la puiſſance, qui eſt ici repréſentée par l'effort du vent.* (Mercure de Janvier p. 76.) Maintenant qu'on tire le rideau, & qu'on ſoutienne, que nous voïons, lorſqu'un Navire cingle, *que le haut du Mât décrit toujours de grands Arcs, dont le corps du Navire eſt comme le centre.* Je répondrai, que M. *Bouguer* ſe trompe ici tout de même, que lorſqu'il aſſure, que ſelon moi, le Vaiſſeau doit parcourir de grands eſpaces, en ſe balançant autour d'un point fort élevé. Ce qu'on doit voir, & ce qu'on a vû avec moi, eſt que l'extrémité du Mât décrit des Arcs en avant & le Navire en arriere, & que la grandeur de ces Arcs eſt rélative à l'effort du vent.

IV.

Je ſupprime bien des choſes, que j'au-

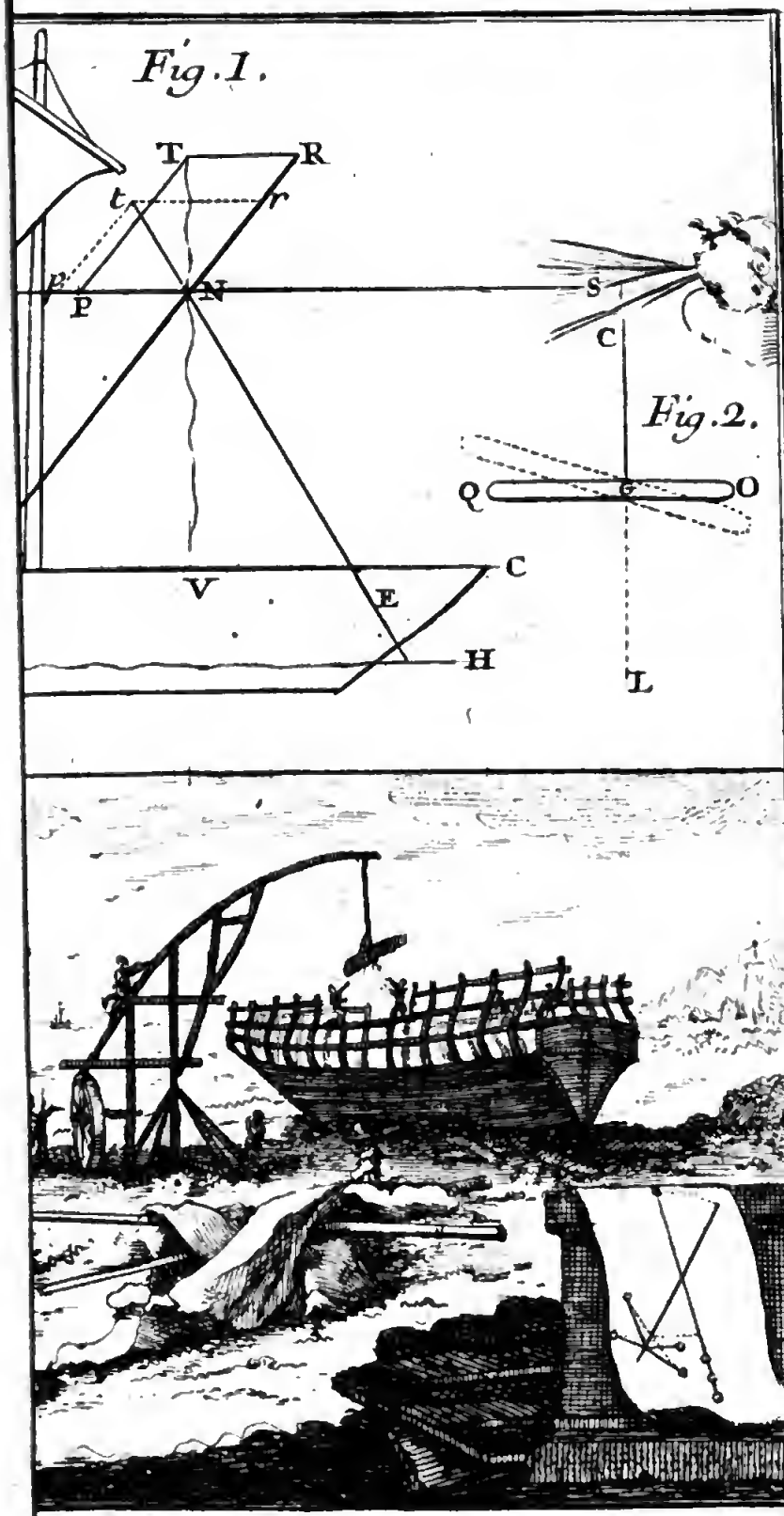
Fig. 1.
T
R
t
r
p
P
N
S
C
Fig. 2.
Q
O
C
V
E
H
L

rois à dire, & je finis par cette obſervation: Selon M. *Bouguer*, *il eſt permis dans une infinité de circonſtances, d'établir le point d'apui où l'on veut.* Ceci m'étonne. Il s'agit ici d'un centre ſpontané de rotation. Mais un centre ſpontané, ne peut pas être placé où l'on veut. *Voco ſpontaneum*, dit M. *Bernoulli*, *quia à natura ſponte, quaſi eligitur pro diverſitate circumſtantiarum; ita ut non ſit in poteſtate noſtra, illud ponere pro lubitu.* Tome IV. p. 268 de ſes Œuvres. Et voilà toute la Replique, que j'oppoſe à la Réponſe de M. *Bouguer*. Il eſt aiſé de voir après mes réflexions, ſur ces articles, ce que j'aurois pû répondre à pluſieurs autres, qui ſont encore plus foibles que ceux-ci, & que je paſſe ſous ſilence par conſidération pour leur Auteur.

FIN.

TABLE

Du contenu en cet Ouvrage.

DISCOURS PRE'LIMINAIRE.

§ I.

Notions Gênérales de toutes les parties de la Marine.

1. ON n'a pas encore eû une idée exacte de toutes les parties de la Marine. pag. 1.
2. Quel eſt l'objet de la Théorie de la conſtruction. 3.
3. Le Pilotage eſt défini. 4.
4. La *Manœuvre* conſidére les mouvemens du Navire dans le ſens horizontal ; la *Mâture* dans les ſens verticaux. 5.
5. Comparaiſon d'un voïage fait ſur Mer, à celui, qu'on peut faire ſur Terre, par laquelle on rend ſenſible la connexion, que toutes les parties de la Marine ont entr'elles. 6.

§ II.

Principes de la Théorie de la Mâture de M. BOUGUER.

1. LE Navire peut cingler horizontalement, & alors le centre de la Terre eſt l'hypomoclion du Mât. 8.

2. Une puiſſance (appliquée à un levier) tend d'autant plus à faire incliner un corps qu'elle eſt plus éloignée de ſon centre de gravité p. 9.
3. La principale force, qui s'oppoſe à l'effort du vent, pour faire incliner le Vaiſſeau, eſt l'impulſion de l'eau ſur la Proüe. 10.
4. Les impulſions de l'eau ſur la Proüe & du vent ſur les Voiles ſe réduiſent à ſoulever le Navire. Principe 1er. 11.
5. Lorſqu'un Vaiſſeau, dont la Proüe & la Poupe ſont égales, eſt bien mâté, il eſt ſoulevé par ſon centre de gravité. Principe ſecond. 12.
6. La traction verticale & la pouſſée de l'eau ſont en équilibre autour du centre de gravité du Navire. 13.
7. Une bonne Mâture eſt celle, qui fait ſoulever le Vaiſſeau à l'effort mutuel de l'eau, & du vent par le centre de gravité de ſa *Carenne*. Principe 3me. 15.
8. Anciennes régles à obſerver dans les routes obliques. *Ibid.*
9. Perfection de ces régles 16.

§ II.

Objection au Principe fondamental de cette Théorie. Réponſe de M. BOUGUER à cette objection. Réplique à cette Réponſe.

1. PREMIER principe de la Théorie du centre ſpontané de rotation de M. *Bernoulli*. 18.
2. Second principe de cette Théorie. 19.
3. Concluſion de cet Auteur. 20.
4. Extrait de la Lettre d'un Savant écrite à l'Auteur, ſur l'objection faite au Principe fondamental de la Mâture. 21.

5. Réponſe de M. *Bouguer* à cette objection. 22.
6. Diviſion de la Réplique à cette réponſe. 24.

§ IV.

La Réponſe de M. BOUGUER eſt indirecte. Elle ne leve pas l'Objection. Contradiction de ſon Auteur.

1. ON ne répond point à l'Objection ; on donne gain de cauſe, & la Théorie de M. *Bernoulli* ne paroît pas avoir été clairement conçue. 25.
2. Paralléle de cette Réponſe avec les principes de M. *Bouguer* 26.
3. Si ſa réponſe avoit lieu le centre de la Terre devroit être l'hypomoclion du Mât. 27.
4. & 5. On combat M. *Bouguer* par ſes propres principes. 28
6. Concluſion de ce raiſonnement. 32.

§ V.

L'effort du vent ſur les Voiles, l'impulſion de l'eau ſur la Proüe, la pouſſée verticale de l'eau, ne peuvent ſuſpendre le Vaiſſeau & le tenir en équilibre : on le prouve.

1. PAR trois endroits l'équilibre eſt attaqué 33.
2. L'impulſion de l'eau ſur la Proüe n'eſt point la principale force, qui s'oppoſe à l'inclinaiſon du Navire. 34.
3. Il ſemble, que cette difficulté n'eſt pas fondée. 35.

4. Le contraire eſt prouvé. 36
5. L'effort compoſé du vent, & de l'eau ne tirent point le Vaiſſeau dans le ſens de la route. Cet effort ne peut lui être vertical. 37.

§ VI.

Quelle eſt la cauſe Phyſique du Tangage du Navire. Il eſt impoſſible de le prévenir.

1. DES différentes ſortes de Tangage 39.
2. L'effet du vent ſur les Voiles eſt ſucceſſif. Ce qu'on entend par *Bouffée.* 40.
3. Examen de l'action de pluſieurs Bouffées, qui agiſſent ſur les Voiles. 41.
4. L'effort du vent ſur les Voiles & celui de l'eau ſur la Proüe ne peuvent ſe décompoſer. 42.
5. Mouvement du Navire peu connu des Marins. *Ibid.*
6. Il eſt impoſſible de prévenir les balancemens du Vaiſſeau. 43.
7. On répond à une objection ſur la cauſe Phyſique du Tangage. 44.

§ VII.

L'hypomoclion du Mât, ſoit que le Navire tangue ou non, n'eſt pas à ſon centre de gravité. Le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation.

1. UN Vaiſſeau ſur Mer peut être conſidéré comme ſuſpendu par ſon centre de gravité. 46.
2. La force *d'inertie* d'un corps fait un effort directement oppoſé à celui de la force motrice. 47.

3. Quelle eſt la cauſe de balancement d'un corps. 48.
4. On détermine la force que fait un corps à la puiſſance, qui tend à le mouvoir. 49.
5. Le centre d'oſcillation d'un corps n'eſt point à ſon centre de gravité. *Ibid.*
6. Calcul par lequel on prouve, que le point d'apui du Mât, ſoit que le Navire tangue ou non, n'eſt point au centre de gravité du Navire. 51.
7. Calcul analytique pour faire voir, que le centre de rotation eſt le même que celui d'oſcillation. 52.

§ VIII.

Des differents effets du vent ſur le Navire, ſuivant la diſpoſition de ſa charge.

1. REgles générales ſur le balancement du Navire. 53.
2. Que l'effort du vent augmente ou qu'il diminue, le nombre d'oſcillations de la part du Vaiſſeau eſt toûjours le même. 54.
3. Plus la force du vent eſt grande, plus le Navire plie ſous les Voiles. 55.
4. Méthode des Marins, pour prévenir cet effet. 56.
5. Lorſqu'on charge plus bas un Vaiſſeau, les oſcillations ſont plus promptes : quelle en peut être la raiſon. *Ibid.*
6. Elle eſt dévelopée. 57.

§ IX.

Comment un Vaiſſeau balance & cingle en même tems. De la cauſe de ce dernier mouvement. Principes généraux & Plan d'une nouvelle Théorie de la Mâture.

1. LE Navire ne cingle, que par la réaction de l'eau ſur la Poupe. 59.
2. Un Vaiſſeau ne peut faire route parallélement à l'horizon & ſans tanguer. On examine ce que fait ſalongueur à ſon ſillage. 60.
3. Attention qu'on doit avoir en chargeant un Vaiſſeau. 61.
4. Régles pour *l'Arrimage*. *Ibid.*
5. Principes fondamentaux d'une nouvelle Théorie de la Mâture. 62.
6. Quel eſt le principal objet de la Mâture 63.
7. Cauſe du changement conſidérable, qui arrive quelquefois dans le mouvement du Navire. 64.
8. Obſervations des Marins ſur l'Arrimage. *Ibid.*
9. Il eſt de la derniere importance, que les Savans portent leur jugement, ſur les régles & les Principes, qu'on a établis. 65.
10. Plan d'une nouvelle Théorie de la Mâture. 66.

§ X.

Réponſe aux réflexions critiques de M. BOUGUER ſur la nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux, à la portée des Pilotes.

1. METhode Théorique de M. *Bouguer*, pour connoître l'axe de l'impulſion de l'eau ſur

la Prouë : Objection à cette méthode. 68.
2. Réflexions ſur la méthode pratique du même Auteur. 69.
3. Reponſe à un de ſes avis, 70.
4. Autre réponſe à un reproche. 72.
5. Sentiment de M. *Bernoulli*, ſur la Manœuvre des Vaiſſeaux. 73.
6. M. *Bouguer* a négligé dans ſa Mâture deux conditions eſſentielles. 75.
7. ADDITION. 77.

FIN.

APPROBATION.

J'Ai lû par ordre de Monſeigneur le Chancelier, un Manuſcrit intitulé : *La Mâture diſcutée & ſoumiſe à de nouvelles Loix.* Sans adopter le ſentiment de l'Auteur dans ſa diſpute avec M. Bouguer, j'ai crû juſte qu'il publiât les raiſons ſur leſquelles il ſe fonde. A Paris ce 20. Décembre 1746.

CLAIRAUT.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS par la grace de Dieu Roi de France & de Navarre à nos Amés & Féaux-Conſeillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, grand Conſeil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux,

C27754

leurs Lieutenans Civils & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, Salut. Notre bien amé LE SIEUR SAVERIEN, Nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire imprimer & donner au Public un Ouvrage qui a pour titre : *La Mâture Diſcutée & Soumiſe à de Nouvelles Loix*, s'il nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Permiſſion pour ce néceſſaires. A ces cauſes Voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces préſentes de faire imprimer ledit Ouvrage en un ou pluſieurs Volumes & autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume pendant *le tems de trois années* conſécutives, à compter du jour de la datte des préſentes; Faiſons défenſes à tous Libraires, Imprimeurs & autres perſonnes, de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance, à la charge que ces préſentes ſeront enrégiſtrées tout au long ſur le Régiſtre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles, que l'impreſſion dudit Ouvrage ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractéres conformément à la feuille imprimée attachée pour modéle ſous le contre-Scel des préſentes que l'Impétrant ſe conformera en tout aux reglemens de la Librairie & notamment à celui du 10. Avril 1725. qu'avant de l'expoſer en Vente le Manuſcrit qui aura ſervi de copie à l'impreſſion dudit Ouvrage ſera remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur Dagueſſeau Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres, & qu'il en ſera enſuite remis deux exemplaires dans notre Bibliothéque Publique, un dans celle de notre Château du Louvre & un dans celle de notredit très-cher & féal Cheva-

lier le Sieur Dagueſſeau Chancelier de France, le tout à peine de nullité des préſentes ; Du contenu deſquelles Vous mandons & enjoignons de faire joüir ledit Expoſant & ſes ayans cauſes pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. VOULONS, qu'à la copie des préſentes qui ſera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, foi ſoit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & néceſſaires, ſans demander autre Permiſſion & nonobſtant clameur de Haro, Charte-Normande & Lettres à ce contraires. Car tel eſt notre plaiſir. DONNÉ à Verſailles le dix-ſeptiéme Février l'an de grace mil ſept cent quarante ſept & de notre Regne le trente-deuxiéme Par le Roi en ſon Conſeil.

Signé, SAINSON.

Regiſtré ſur le Regiſtre onze de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 758. *fol.* 670. *conformément au Réglement de* 1723. *qui fait défenſes Art.* 4. *à toutes perſonnes de quelque qualité qu'elles ſoient autres que les Libraires Imprimeurs, de vendre débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre en leurs noms, ſoit qu'ils s'en diſent les auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à ladite Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, huit exemplaires preſcrits par l'Article* 108. *du même Réglement. A Paris le* 20. *Février* 1747.

GUILLAUME CAVELIER, pere, *Syndic.*